

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

**Model pro organizaci práce obslužného personálu zajišťujícího proces  
odbavování letadel**

**Working Organizing Model of Service Staff Providing Aircraft Handling  
Process**

Student:

Bc. Cíleček Jakub

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Teichmann Dušan, Ph.D.

Ostrava 2019

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jakub Čileček**  
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **2301T003 Dopravní technika a technologie**  
Specializace: **40 Letecká doprava**  
Téma: **Model pro organizaci práce obslužného personálu zajišťujícího proces odbavování letadel**  
**Working Organizing Model of Service Staff Providing Aircraft Handling Process**  
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Aplikovat obecný matematický model pro plánování personálního zabezpečení obslužných procesů na proces odbavení letadla.

Osnova práce:

1. Úvod.
2. Charakteristika procesu odbavení letadla a jeho personálního zabezpečení.
3. Síťový model procesu odbavení letadla.
4. Matematický model pro plánování personálního zabezpečení obslužných procesů.
5. Aplikace matematického modelu na proces odbavení letadla.
6. Zhodnocení dosažených výsledků.
7. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

ASHFORD, N. J.; COUTU, P.; BEASLEY, J., R.: Airport Operations. McGraw-Hill Education, 2012.  
ISBN 978-00-717-7584-7.  
TOMOVÁ, A.; KIRSCHNEROVÁ, I.; HAVEL, K.: Ekonomika letiště. Žilina: EDIS ŽU v Žilině, 2016.  
ISBN 978-80-554-1257-3.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Dušan Teichmann, Ph.D.**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019

doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne.....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mě požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne.....19. 5. 2019.....

.....Cíleček Jakub.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Cíleček Jakub

Adresa trvalého pobytu autora práce:

U Rybníka 27; Rýmařov 795 01

**Poděkování**

Touto cestou bych rád poděkoval svému vedoucímu doc. Ing. Dušanu Teichmannovi, Ph.D., za cenné připomínky a komentáře během celého období řešení práce.

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. CÍLEČEK, Jakub. *Model pro organizaci práce obslužného personálu zajišťujícího proces odbavování letadel: Diplomová práce*. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2019, 63 s,

Vedoucí: doc. Ing. Dušan Teichmann, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá odbavením letadla na stojánce letiště a vytvořením nástroje pro podporu rozhodování k plánování odbavení zadaného typu letadla s možností hledání personálních úspor. Důvodem je např. umožnit efektivní odbavení v případě výpadku pracovníka podílejícího se na procesu odbavení. Práce obsahuje obecnou charakteristiku procesu odbavení letadla a jeho personálního zabezpečení, síťový model procesu odbavení letadla v podmínkách letiště Ostrava a matematický model pro plánování personálního zabezpečení obslužných procesů, který je poté aplikován, a dosažené výsledky jsou zhodnoceny.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

Bc. CÍLEČEK, Jakub. *Working Organizing Model of Service Staff Providing Aircraft Handling Process: Master thesis*. VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2019, 63 p,

Thesis head: doc. Ing. Dušan Teichmann, Ph.D.

This master thesis deals with aircraft handling process at the apron of the airport and creating supporting decision tool for planning of opted aircraft type with the possibility of staff savings. The reason is for example providing of effective handling process in the case of outage of the worker participating at handling process. Thesis consist of characteristic of aircraft handling process and its staff requirements, the flow chart of aircraft handling process in conditions provided by Ostrava Airport and mathematical model which secure staff requirements of handling process. The mathematical model is then applied and results are discussed.

## **Obsah**

<b>Seznam použitých značek a symbolů .....</b>	<b>9</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>11</b>
<b>1 Charakteristika procesu odbavení letadla a jeho personální zabezpečení .....</b>	<b>12</b>
1.1 Modely handlingových služeb .....	12
1.1.1 Obecný model handlingových služeb .....	13
1.1.2 Faktory ovlivňující volbu modelu handlingových služeb .....	13
1.2 Charakteristika procesu obchodního handlingu .....	14
1.2.1 Příletový proces .....	15
1.2.2 Odletový proces .....	16
1.3 Charakteristika procesu technického handlingu .....	23
1.3.1 Příletový proces .....	23
1.3.2 Vlastní odbavení letadla po jeho zastavení .....	25
1.3.3 Odletový proces .....	31
1.4 Personál zajišťující odbavení letadla .....	32
<b>2 Síťový model procesu odbavení letadla .....</b>	<b>34</b>
2.1 Metoda kritické cesty .....	34
2.2 Vstupní podmínky pro řešenou úlohu .....	36
2.3 Síťový graf .....	39
<b>3 Matematický model pro plánování personálního zabezpečení obslužných procesů</b>	<b>44</b>
3.1 Formulace optimalizační úlohy .....	44
3.2 Řešení optimalizační úlohy .....	44
3.3 Upravený matematický model .....	45
<b>4 Aplikace matematického modelu .....</b>	<b>48</b>
4.1 Převodní tabulka .....	48

4.2	Vstupní hodnoty .....	48
4.3	Text programu v programu Xpress-IVE.....	51
<b>5</b>	<b>Zhodnocení dosažených výsledků.....</b>	<b>54</b>
	<b>Závěr .....</b>	<b>59</b>
	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>60</b>
	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>61</b>
	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>62</b>
	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>63</b>



## Seznam použitých značek a symbolů

$A$ ...	incidenční matice	[...]
$a_{jp}$ ...	prvek incidenční matice	[...]
APU...	pomocná motorová jednotka	
$C_j$ ...	počet zaměstnanců, kteří mají být přiděleni k vykonávání dané činnosti	[...]
$c_p$ ...	počet pracovníků kvalifikace $p$	[...]
$CR_{i,j}$ ...	celková rezerva	[min]
$G$ ...	prohibitivní konstanta	[...]
GPU...	pozemní zdroj energie	
$i$ ...	činnost z množiny $N$	[...]
$j$ ...	činnost z množiny $N$	[...]
$l$ ...	pracovník z množiny $L_p$	[...]
$L_p$ ...	množina pracovníků kvalifikace $p$	[...]
$M$ ...	prohibitivní konstanta	[...]
$N$ ...	množina činností	[...]
$n_{i,p}$ ...	počet pracovníků $p$ , kteří jsou potřeba k vykonání činnosti $i$	[...]
$NR_{i,j}$ ...	nezávislá rezerva	[min]
$p$ ...	kvalifikace pracovníků	[...]
$P$ ...	množina kvalifikací	[...]
$P_i$ ...	množina kvalifikací vykonávající činnost $i$	[...]
$Q$ ...	minimální počet pracovníků	[...]
$R$ ...	penalizační matice	[...]
$r_{jp}$ ...	prvek penalizační matice	[...]
$T_E$ ...	nejdříve možný termín uzlu	[min]
$T_L$ ...	nejpozději přípustný termín uzlu	[min]
$t_i$ ...	uzel reprezentující začátek činnosti	[...]
$\bar{t}_i$ ...	nejdříve možný začátek činnosti	[min]
$t_i^{(0)}$ ...	nejdříve možný začátek činnosti	[min]
$\bar{\bar{t}}_i$ ...	nejpozději přípustný začátek činnosti	[min]
$t_i^{(1)}$ ...	nejpozději přípustný začátek činnosti	[min]
$t_j$ ...	uzel reprezentující konec činnosti	[...]
$t_j^{(0)}$ ...	nejdříve možný konec činnosti	[min]
$t_j^{(1)}$ ...	nejpozději přípustný konec činnosti	[min]

$VR_{i,j}$ ...	volná rezerva	[min]
$x_{ijpl}$ ...	bivalentní proměnná reprezentující přesun pracovníka	[...]
$y_{ij}$ ...	čas trvání činnosti	[min]
$z_i$ ...	nezáporná proměnná reprezentující možný časový posun začátku činnosti	[min]
$ZR_{i,j}$ ...	závislá rezerva	[...]

## Úvod

Jedním z charakteristických rysů letecké dopravy současnosti je její cenová dostupnost i pro skupiny cestujících, kteří by v minulosti leteckou dopravu nevyužívali. Protože základní konkurenční výhodou letecké dopravy je její rychlost při překonávání středních a delších vzdáleností, zažívá letecká doprava v době globalizace velký rozmach. Rozmach a zvyšující se hustota leteckého provozu však s sebou přináší také to, že významná letiště jsou zatížena leteckým provozem často na hranici jejich kapacity. Z toho důvodu jsou tato letiště nucena odmítat nové letecké linky a tím dochází ke snížení rychlosti rozšiřování jejich destinačního portfolia. Současně s tím rostou nároky na rychlost odbavení letadel. Zároveň se lze, zejména na zatíženějších letištích setkat s tím, že začínají chybět zaměstnanci pro odbavování letadel, protože se jedná o poměrně fyzicky namáhavou a nepříliš dobře honorovanou práci. Hlavním cílem diplomové práce je tedy vytvořit a otestovat na reálných datech teoretické principy nástroje pro podporu rozhodování při plánování personálního zabezpečení procesu odbavování letadel.

Předložená diplomová práce je zaměřena na optimalizaci procesu odbavení letadla pro přepravu cestujících na letišti Ostrava.

V teoretické části této práce bude provedena analýza procesu odbavení zadaného typu letadla na stojánce na letišti Ostrava. Druhá část se zabývá technickým odbavením, které se zaměřuje na všechny činnosti, které se vykonávají od příjezdu letadla na stojánku až po následný odjezd. V této části diplomové práce jsou popsány i pracovní skupiny, které se starají o odbavení. V další části bude popsána Metoda kritické cesty, pomocí které byla vypočítána celková doba trvání odbavení letadla. Jsou zde definovány všechny vstupní podmínky, ze kterých se doba odbavení počítá a také všechny potřebné vstupní hodnoty. V praxi může být proces odbavení letadla časově náročnější nebo snadnější, záleží na mnoha faktorech, které proces odbavení letadla ovlivňují. Třetí část práce se věnuje obecnému optimalizačnímu matematickému modelu pro odstranění personálních rezerv v obecném technologickém procesu, který byl v minulosti publikován, a který tvoří teoretický základ všech dalších úvah. Na třetí část potom navazuje čtvrtá – aplikační část obsahující případné úpravy modelu pro potřeby modelovaného odbavovacího procesu. Vlastní optimalizační výpočet s upraveným modelem a reálnými vstupními hodnotami byl proveden pomocí optimalizačního softwaru Xpress-IVE od firmy FICO. Závěrečná část práce je věnována zhodnocení dosažených výsledků.

# **1 Charakteristika procesu odbavení letadla a jeho personální zabezpečení**

V této kapitole bude blíže charakterizována problematika obecných modelů handlingových služeb a bude analyzován proces letištního odbavení podle základní klasifikace rozlišující proces odbavení cestujících a proces odbavení letadel. Kapitola byla zpracována s využitím zdrojů [1] – [10].

## **1.1 Modely handlingových služeb**

Úvodem je nutno konstatovat, že každé letiště má proces odbavení letadel nastaven individuálně v závislosti na technickém vybavení letiště a personálním zabezpečení procesu se snahou dosáhnout co nejvyššího možného počtu odbavených letadel. Přesto však existuje určitá typologie, která vyplývá z obecných specifik leteckého provozu a provozu letišť – obecně se hovoří o modelech handlingových služeb.

Modelů handlingových služeb existuje celá řada a mohou se od sebe lišit především v rozsahu poskytovaných služeb. Obecně jsou handlingové služby děleny na obchodní a technické.

V obchodní části služeb jsou poskytovány služby pro cestující, což znamená, že v rámci obchodních handlingových služeb je zajišťován kompletní servis pro odlétajícího cestujícího od jeho vstupu do letištního terminálu až po jeho nástup do letadla a pro jeho zavazadlo od odevzdání zavazadla u přepážky až po jeho samotné uložení do nákladového prostoru letadla. V případě přilétajícího cestujícího jsou obchodní handlingové služby vymezeny okamžikem jeho vystoupení z letadla a vykládky jeho zavazadla z nákladního prostoru až po jeho opuštění příletové haly.

V technické části handlingových služeb jsou poskytovány služby pro letadlo a posádku. Technická část je složitější, protože výčet poskytovaných služeb je zde vyšší. I zde však existuje určitý základní proces, kterým projde každé dopravní letadlo, které letiště využije k přistání a následnému vzletu. Technická část handlingových služeb začíná v okamžiku zastavení letadla na stojánce a končí rozjezdem letadla ze stojánky. Do služeb technického handlingu jsou zařazeny i nadstandartní služby, které jsou požadovány posádkou nebo technickým stavem letadla, popřípadě postupy pro řešení nestandartní situace.

### **1.1.1 Obecný model handlingových služeb**

Počet modelů handlingových služeb letiště je omezen dvěma hraničními modely. V prvním modelu existuje absolutní monopol ze strany jedné firmy, která zajišťuje všechny služby, které se týkají obchodního i technického handlingu. To znamená, že na letišti působí pouze jedna firma, která zajišťuje celkový proces odbavení cestujícího a jeho zavazadla i proces odbavení letadla. Tento model je však v praxi dlouhodobě neudržitelný, protože je jen otázkou času, jak dlouho daný typ monopolu na letištích vydrží. Výhodou modelu jsou vysoké zisky pro firmu a stálá práce pro zaměstnance. Nevýhodou pro fyzické nebo právnické osoby – letecké dopravce jsou právě zmíněné vysoké ceny.

Druhým hraničním modelem je situace, kdy na letišti působí více firem, které poskytují jednotlivé služby a vzájemnou spoluprací tvoří celkový proces odbavení jak cestujících s jejich zavazadly, tak i letadel. Fyzická nebo právnická osoba – letecký dopravce si může vybrat jakoukoliv firmu k realizování procesu na základně cen, kvality služeb, nebo předchozích zkušeností. Výhodou tohoto modelu je vysoká konkurenceschopnost promítnutá zejména do ceny poskytovaných služeb. Nevýhodou tohoto modelu jsou nízké zisky firem a nikdy nekončící boj o klienty. Proto ani druhý hraniční koncept není v praxi příliš využíván a to z důvodu jeho dlouhodobé neudržitelnosti z hlediska neudržení vyvážené konkurenceschopnosti poskytovatelů handlingových služeb.

### **1.1.2 Faktory ovlivňující volbu modelu handlingových služeb**

Faktory ovlivňující volbu modelu handlingových služeb lze dělit do dvou skupin a to na faktory ovlivňující poskytovatele služeb a faktory ovlivňující objednatele služeb.

Z výčtu faktorů ovlivňujících poskytovatele služeb souvisejících s odbavením letadla, lze vybrat jeden, který je nejdůležitější. Tímto faktorem je hustota provozu na letišti, kde firma působí. Pokud je hustota provozu nízká, tak celková rentabilita firmy je nízká. Aby firma vůbec mohla poskytovat služby, musí totiž disponovat základní technikou, kterou si musí zakoupit, popřípadě pronajímat. S nízkým provozem existuje vysoká pravděpodobnost, že firma bude vlastnit nebo pronajímat techniku, která bude většinu času nevyužita, navíc je nutno v případě vlastnictví techniky počítat s nemalými udržovacími (servisními) náklady. Uvedený faktor se druhotně dotkne i personální stránky provozu firmy, na které se budou buď zvyšovat kvalifikační požadavky (budou muset být

kvalifikování k zastávání více pozicí najednou), nebo naopak, zaměstnavatel bude mít vyšší počet zaměstnanců s nižším využitím fondu pracovní doby.

Objednatelem služeb může být fyzická nebo právnická osoba, což může ovlivnit prioritu faktorů. Pro fyzickou osobu jsou důležitým faktorem ceny za poskytované služby. Fyzická osoba na letišti může např. nabízet vyhlídkové lety, výcvikové lety nebo privátní přepravu cestujících, popřípadě přepravu nákladu nebo pošty. V tomto případě se celý proces odbavení liší na základě toho, které služby si fyzická osoba dopředu objedná. Většinou si fyzická osoba vybírá pouze služby nezbytné, aby nemusela platit vysoké částky za proces odbavení. Pro právnickou osobu jsou důležité zejména faktory týkající se ceny a kvality poskytovaných služeb. Pokud jde o kvalitu služeb, tak ta zůstává v kompetenci poskytovatele, který může kvalitu zvýšit například novým vybavením, zařízením terminálu letiště nebo komunikací s objednatelem. Na druhou stranu, objednavatel se vždy snaží sjednat co nejnižší ceny za příslibení zvýšení provozu nebo o rozšíření služeb, které bude vyžadovat. Tuto strategii se snaží praktikovat velké dopravní společnosti jako například Smart wings.

Jak je zřejmé, faktorů, které ovlivňují volbu modelu handlingových služeb, je větší počet, ale v praxi jsou pro obě strany klíčovými zejména finanční faktory.

## **1.2 Charakteristika procesu obchodního handlingu**

Obchodní handling se zabývá procesem odbavení jak přilétajících cestujících, tak cestujících odlétajících do obchodního handlingu spadá i problematika vyvažování letadel.

Převážná část obchodního handlingu s přímým stykem s cestujícím probíhá v letištním terminálu. Letištní terminál je tedy jedna z nejdůležitějších budov na civilním letišti, protože v ní kromě odbavovacího proces cestujících probíhá také poskytování dalších služeb zajišťujících pohodlí před a po vlastním letu, u tranzitních cestujících také při přestupech. Standardem současné doby je rozdělení neveřejné části terminálu na příletovou a odletovou část, ve veřejné i neveřejné části jsou zřízeny restaurace, kavárny, obchody, stánky cestovních kanceláří a stánky s informacemi, dále se v terminále vyskytují informační tabule s informací o příletech i odletech, přepážky check-inu a vstupy do neveřejného prostoru letiště.

Větší evropská letiště mají dva oddělené terminály – samostatný terminál pro cestující letící do států Schengenského prostoru a samostatný terminál pro cestující letící mimo země Schengenského prostoru.

### **1.2.1 Příletový proces**

Příletový proces začíná ve chvíli, kdy cestující zahájí výstup z letadla. Příletový proces není z hlediska provedení složitý, ale je zde potřeba dát pozor na požadavky stanovené leteckými předpisy, např. že na stojánce nesmí cestující projít před letadlem, které spouští motory. Za jejich dodržení zodpovídá pracovník handlingu.

K realizaci většiny činností v rámci příletového procesu slouží na letišti tzv. příletová hala. Na evropských mezinárodních letištích je příletová hala rozdělená na dvě různé části z důvodu existence Schengenského prostoru. Pokud cestující přilétá ze země Schengenského prostoru, a tedy není po něm vyžadováno, aby se po přistání prokázal cestovním pasem, může přímo pokračovat do prostor určených k vyzvednutí zavazadel.

Pokud cestující přiletí ze země, která nepatří do Schengenského prostoru, je nutné, aby prošel pasovou kontrolou, kterou zajišťuje cizinecká policie příslušného státu. Teprve až po absolvování pasové kontroly může cestující postupovat do míst určených k vyzvednutí zavazadel. Pokud má cestující nějaké zboží k proclení, musí absolvovat celní kontrolu před orgány celní správy.

Po vykládce zavazadel z nákladového prostoru letadla jsou zavazadla přepravena do příletové haly. Zaměstnanec přistaví vozíky s naloženými zavazadly k pásovému dopravníku a na klávesnici zvolí číslo, která zajistí, že se v příletové hale na obrazovkách rozsvítí indikace určující, na kterém páse si mohou cestující z dané destinace svá zavazadla vyzvednout, viz obrázek 1.



**Obrázek 1** Pásové dopravníky v příletové hale letiště Ostrava

*Zdroj: <http://www.airport-ostrava.cz/cz/page-fotogalerie/galerie-6-priletova-hala/>*

Pokud je let cestujícího z výchozího letiště na cílové letiště realizován s přestupem nebo mezipřistáním, je nutné zajistit, aby tranzitní cestující procházeli odbavovacím procesem plynule bez komplikací, čehož lze nejlépe dosáhnout asistencí letištního personálu. V praxi platí, že přestupující cestující vystupují z letadla jako poslední a jsou odvedeni do odletové haly. Před vstupem do odletové haly jim jsou rozdány tranzitní karty, které je odlišují od nově přistupujících cestujících, a které jsou při následném nástupu do letadla odevzdány u příslušné odbavovací přepážky. Pokud cestující pokračují v dalším letu stejným letadlem, platí, že jejich zavazadla zůstávají naložena v nákladovém prostoru letadla. Ve speciálních případech přestupující cestující nemusí z letadla vystupovat. O tom, zda tranzitní cestující budou vystupovat nebo ne, rozhoduje kapitán letadla, popřípadě vedoucí kabiny letadla.

### **1.2.2 Odletový proces**

Odletový proces začne ve chvíli, kdy cestující vstoupí do terminálu a končí v okamžiku, kdy cestující nastoupí do letadla. V průběhu odbavovacího procesu je nutno, aby cestující splňoval určité bezpečnostní zásady, tzn., zejména nepřišel do kontaktu s jinou osobou, která neprošla bezpečnostní kontrolou, dodržoval zákaz kouření na provozních plochách nebo neopustil ochranné pásmo letadla. Dodržení těchto zásad je možno zčásti splnit stavebním uspořádáním odletové haly a v případech, kdy to není



možno

splnit,

tak potom dohledem zaměstnance handlingu letiště.

Odbavovací proces odlétávajících cestujících probíhá v odletové části letištního terminálu



**Obrázek 2 Odletová část letištního terminálu Ostrava**

Zdroj: [https://www.tyden.cz/rubriky/domaci/mimoprazska-letiste-cekaji-zasadni-modernizace\\_439220.html](https://www.tyden.cz/rubriky/domaci/mimoprazska-letiste-cekaji-zasadni-modernizace_439220.html)

Na obrázku 2 je zachycena odletová část terminálu Letiště Ostrava. Příletová část se nachází za odletovou částí terminálu.

Pro zahájení obchodního handlingu odlétávajících cestujících jsou klíčové přepážky check-in určené pro tzv. check-in proces. Check-in proces je v podstatě odbavení cestujícího a jeho zavazadla. V dnešní době existují tři způsoby provedení check-in procesu – odbavení na přepážce, internetové odbavení a odbavení na letištním kiosku. Kterým z těchto tří způsobů je cestující odbaven, záleží na technickém vybavení letištního terminálu a na letecké společnosti, kterou si cestující k přepravě zvolil.

Moderní letištní terminály umožňují odbavení jak v letištním kiosku, tak klasické odbavení na přepážce. Internetové odbavení je k dispozici zejména u nízkonákladových leteckých společností a většina cestujících internetové odbavení preferuje, protože odbavení na letišti je zpoplatněno.

Klasické odbavení na přepážce (obrázek 3) probíhá tak, že se přepážka, kde se odbavuje daný let, otevře zpravidla 2 hodiny před odletem. Cestující na daný let přistoupí k přepážce, kde mu jsou zkontrolovány doklady jako je občanský průkaz, pas

pokud letí mimo Schengenský prostor, nebo vízum pokud letí do země s vízovou povinností a palubní vstupenka, která musí obsahovat správné údaje (datum letu, číslo letu, destinace, třídu). Pokud jsou tyto údaje v pořádku, je cestující vyzván, aby položil svoje zavazadlo na pás, kde je zjištěna jeho hmotnost a potom je zavazadlo opatřeno tagem<sup>1</sup>, který obsahuje jméno a příjmení cestujícího, číslo letu, datum letu, IATA kód letiště přistání. Jakmile je zjištěna hmotnost zavazadla a zavazadlo je opatřeno tagem, přejde do režimu tzv. zapsaného zavazadla a je přepraveno pásovým dopravníkem k systému rentgenů, kde je kontrolováno, zda neobsahuje některý ze zakázaných předmětů až do prostorů třídirny, kde jej zaměstnanec přiřadí na základě tagu k ostatním zavazadlům na stejný let.

Po předání zapsaných zavazadel u check-in přepážky cestující postupuje ke vchodu do neveřejného prostoru letiště.



Obrázek 3 Check-in přepážka

Zdroj: <https://www.matteograssi.com/en/projects/bangkok>

Pokud je letiště vybaveno odbavovacím kioskem<sup>2</sup> (obrázek 4), nemusí cestující čekat u přepážky a může se v této fázi odbavit bez asistence zaměstnanců letiště nebo dopravce. Proces odbavení s pomocí kiosku probíhá tak, že cestující zadá číslo elektronické letenky nebo naskenuje QR kód letenky a načte občanský průkaz nebo pas,

---

<sup>1</sup> označováno také „baggage tag“ nebo „label“

<sup>2</sup> označováno jako „self-check-in“

pokud letí do země mimo Schengenský prostor. Dále si převezme vytištěný tag a připevní ho na zavazadlo. Pokud je u kiosku pás, tak zavazadlo položí na pás, pokud ne, tak zavazadlo položí na drop-off přepážce. Když má cestující pouze příruční zavazadlo, postupuje přímo ke vchodu do neveřejné části letiště.



Obrázek 4 Odbavovací kiosk

Zdroj: <https://www.csa.cz/cz-en/travel-information/at-the-airport/check-in-info/>

Aby mohla být zavazadla přijata k přepravě, musí splňovat určité požadavky. Zavazadlo nesmí být těžší, než je stanovený limit podle typu letenky, nesmí obsahovat zakázané předměty. Pokud hmotnost nebo některý z rozměrů zavazadla překračuje maximální povolenou hodnotu, tak je cestující nucen zaplatit sankci, která se peněžně pohybuje v řádech stovek až tisíců korun v závislosti na tom, o kolik je zavazadlo těžší, než je limit.

### **Bezpečnostní kontrola**

Neveřejnou část letiště odděluje od veřejné části bezpečnostní kontrola (obrázek 5), která spočívá v tom, že cestující nechá zkontrolovat své zavazadlo rentgenem společně se všemi kovovými věcmi, které by mohl rentgen zachytit. Cestující by ve svém příručním zavazadle neměl mít bezdůvodně žádnou ze zakázaných věcí. Seznam všech zakázaných věcí je pravidelně vyhlášován rozhlasem v terminálu, dále je vylepen na strategických místech v terminálu. Po průchodu bezpečnostním rámem si cestující vyzvedne věci zkontrolované rentgenem a postupuje do určené odletové haly. Pokud po průchodu rámem

cestující uslyší akustický signál, tak to znamená, že musí být fyzicky zkontrolován bezpečnostním pracovníkem, který je k tomu odborně proškolen.



**Obrázek 5 Bezpečnostní kontrola**

Zdroj: <http://www.airport-ostrava.cz/en/page-photo-gallery/galerie-14-security/>

Akustické signály mohou zaznít i v případě, že cestující neodložil všechny kovové věci, nebo mohou být vydávány náhodně. Obecně platí, že každý desátý cestující je kontrolován. Pokud se cestující snaží o pronesení zakázaného kovového předmětu, kterým může být například nůž s čepelí delší jak 6 cm, tak se rám rozsvítí v místech, kde se předmět na cestujícím nachází. Zvláštní cestující, kteří jsou pohybově omezeni a potřebují ke svému pohybu invalidní vozík, ať už obyčejný nebo elektrický jsou zpravidla kontrolováni v izolované místnosti, kde jim je provedena prohlídka. Jejich invalidní vozík musí projít rentgenem, pokud je to možné, jinak jej musí bezpečnostní pracovník důkladně zkontrolovat.

Při fyzické bezpečnostní kontrole platí několik zákonem ustanovených pravidel, nejdůležitějším pravidlem je, že pouze bezpečnostní pracovník – žena může fyzicky zkontrolovat pouze ženu a bezpečnostní pracovník – muž může fyzicky zkontrolovat pouze muže.

Posledním stanovištěm v terminálu, kde cestující čeká po skončení bezpečnostní kontroly na odlet, je odletová hala (obrázek 6). K základnímu vybavení odletových hal patří duty-free obchody a kavárny, popřípadě bary a salónky různých leteckých společností, dále jsou zde informační obrazovky, na kterých jsou vypsány plánované



odlety letadel. Cestující po vstupu do odletové haly pouze čeká na zveřejnění označení východu, ze kterého bude moci nastoupit do letadla. Odletové haly fungují jako tranzitní haly.

Odletové haly se dělí na dva typy podle toho, zda cestující letí do země Schengenského prostoru nebo do země mimo Schengenský prostor. Zásadní rozdíl mezi oběma halami z hlediska odbavovacího procesu je ten, že ke vstupu do druhého typu odletové haly musí cestující absolvovat celní a pasovou kontrolu.



Obrázek 6 Odletová hala

Zdroj: <http://www.airport-ostrava.cz/en/page-photo-gallery/galerie-16-departure-hall/>

## **Odletový východ**

Odbavení u odletového východu (Gate) je poslední fází odbavení před samotným nástupem cestujícího do letadla. Označení východu, ze kterého bude cestující nastupovat je určeno dopředu a cestující se ho může dozvědět na kterékoliv informační tabuli, nebo na své letence. U přepážky odletového východu je provedena opětovná kontrola dokladů, pokud je potřeba, tak i pasů a letenek. Pracovník na počítači vidí, kdo již prošel, kdo ještě zbývá a má zde i mikrofón, aby mohl v případě posledních cestujících vyhlásit jejich jména a zajistit jejich včasný nástup do letadla.

## **Hmotnost a vyvážení**

Ve chvíli, kdy jsou všichni cestující odbaveni a jejich zavazadla zapsaná, tak se informace počtu odbavených cestujících a celkové hmotnosti zapsaných zavazadel

přeposílají do oddělení vyvážení letadla, kde se tvoří základní podklady pro následné technické odbavení, tyto informace jsou následně předávány také posádce letadla. Oddělení se podílí na tom, že bude zajištěna bezpečnost letadla v každé fázi letu, resp. zajistí, aby se těžiště letadla ve všech fázích letu pohybovalo uvnitř letové obálky. V dnešní době jsou na trhu firmy, které vyvažují letadla centrálně, tzn., že všechny potřebné informace se posílají do centra, kde je letadlo vyváženo a informace o vyvážení se posílají zpět na letiště.

Oddělení hmotnosti a vyvážení na základě známých informací o počtu cestujících, počtu a celkové hmotnosti odbavených zavazadel zpracuje nákladový list, v angličtině označovaný jako Load Sheet. Tento dokument může být zpracovaný ručně, ale ve většině případů se realizuje ve specializovaném softwarovém programu. Pracovník k vytvoření nákladového listu potřebuje informace, které mu poskytne posádka. Tyto informace bývají sepsané ve formuláři označovaném Trip Info.

Mezi nejdůležitější data zaznamenaná ve formuláři Trip Info jsou následující:

- block fuel – hmotnostní objem paliva, které je na daném letišti naplněno,
- dry operating index – index, které má každé letadlo přiděleno a vkládá se do specializovaného softwaru k výpočtu těžiště,
- dry operating weight – hmotnost letadla bez paliva,
- maximum take – off weight – maximální možná hmotnost letadla,
- taxi fuel – hmotnost paliva, které bude spotřebováno při pojíždění,
- příjmení kapitána – na kapitánovo příjmení se daný Load Sheet vystavuje.

Po zadání všech potřebných informací do specializovaného systému pracovník oddělení vyvážení letadel rozhodne, jakým způsobem se v nákladových prostorech daného letadla zavazadla rozmístí.

Dalším krokem je příprava seznamu všech cestujících na palubě letadla. Tento krok je opět realizován ve specializovaném software. Jakmile se cestující odbaví u přepážky check-in, je jeho jméno zapsáno na „Passanger inflight list“. V okamžiku, kdy je odbavení cestujících ukončeno, tak je seznam připraven a pracovník oddělení doplní pouze formální údaje, kterými jsou:

- letiště vzletu,
- letiště přistání,
- celkový počet lidí na palubě,

- datum odletu,
- číslo letu.

Oba dva dokumenty, které toto oddělení sestaví, jsou předány osobě zodpovědné za technické odbavení daného letounu.

### 1.3 Charakteristika procesu technického handlingu

V této podkapitole bude popsáno odbavení letadla začínající navedením letadla na stojánku až po odjezd letadla ze stojánky. Proces pozemního odbavení letadla je popsán v následujících třech podkapitolách.

#### 1.3.1 Příletový proces

##### Služba Follow me

Služba „Follow me“ je většinou poskytována na větších letištích se složitějším systémem pojezdových drah pro piloty, kteří si nejsou jistí, jak provést pojezdění na přidělené místo stání, popřípadě je tato služba poskytována za zhoršené viditelnosti. Službu poskytuje i Letiště Ostrava, ale pouze pro navedení letadla na stání. Pracovník marshallingu čeká v autě u vjezdu na stojánku a navede letadlo na určené stání, tzn., nenavádí letadlo systémem pojezdových drah. Na obrázku 7 lze vidět příklad vozidla, který se k poskytování služby využívá. Pro toto vozidlo je charakteristický maják s nápisem „Follow me“.



Obrázek 7 Vozidlo služby Follow me

Zdroj: <http://www.airport-data.com/images/airports/small/008/008601.jpg>

Marshalling je služba poskytovaná všem letadlům, která chtějí zastavit na, nebo odjet ze stojánky letiště. Zajišťuje ji pracovník marshallingu a jeho práce spočívá v navedení letadla na stání, popřípadě vyvedení letadla ze stání, po zastavení letadla na stání umísťují klíny pod kola letadla a před jeho odjezdem ze stání je také odebírání, vytyčuje ochrannou zónu na pravé straně letadla a pomocí domluvených vizuálních signálů komunikuje s piloty. V případě stání letadla se může pomocí speciálních sluchátek připojit k interkomu letadla a komunikovat s piloty v češtině nebo angličtině.

Po umístění klínů pod kola letadla a připojení pozemního zdroje je pracovník marshallingu povinen obejít letadlo a vizuálně jej zkontrolovat. Především se dívá po známkách střetu s ptáky, nepravidelnostech trupu a dalších neobvyklých věcech.

Marshalling je hned po práci handlingového agenta tou nejzodpovědnější prací, protože člověk musí umět minimálně jeden světový jazyk, znát a provádět bez chyby všechny vizuální signály, musí být vyškolen pro provádění svých pracovních úkonů podle mezinárodních předpisů.

Po navedení letadla na stojánku, zajištění kol následuje další krok a tím je připojení letadla k pozemnímu zdroji. Pozemní zdroj se využívá na všech letištích. V případě nevyužití pozemního zdroje může letadlo používat APU (Auxiliary Power Unit), ale obecně platí, že využívání APU místo pozemního zdroje je ekonomicky nevýhodné. Například u B737 využití APU spotřebuje až 300kg paliva na hodinu a pozemní zdroj je ve srovnání s ním ekonomicky výhodnější.

Pozemní zdroj je poskytován vždy, o jeho nevyužití rozhoduje kapitán. Pozemní zdroj k letadlu připojí Specialista, který musí být vyškolen, protože ne všechna letadla využívají stejnou elektrickou síť. Propojení je u všech letadel standardizováno a kabelem je možno vést stejnosměrný proud o napětí 28 V, nebo střídavý proud o napětí 115 V a frekvenci 400 Hz.

Na obrázku 8. je znázorněn pozemní zdroj připojený k letadlu kabelem.





Obrázek 8 Pozemní zdroj

Zdroj: <https://www.designwerk.com/en/>

### 1.3.2 Vlastní odbavení letadla po jeho zastavení

Dalším krokem v procesu odbavení letadel je přistavení schodů, aby mohl být umožněn nástup a výstup cestujících. Podle zvyklostí jsou nejdříve přistaveny přední schody, protože v přední části kabiny letadla se nachází letuška, která má funkci vedoucí kabiny, se kterou agent dané handlingové společnosti spolupracuje. Následně jsou přistaveny i zadní schody. Na větších letištích může být k výstupu a nástupu používán most, který je přistaven místo schodů k letadlu, a lidé jím procházejí do/z letištní haly.

Personál, který přistavuje schody, spadá do skupiny, která má za úkol nakládku a vykládku letadla. Personál musí být proškolen pro manipulaci s letištní technikou a musí dodržovat všeobecně známá pravidla, například to, že se schody nesmí dotýkat letadla. Po nástupu cestujících se opět po signálu handlingového agenta nejdříve odstavují zadní schody, a poté přední.

Na obrázku 9 je možné vidět specializované vozidlo, které má ke své nástavbě připevněno schody. Konstrukce vozidla není unifikována, takže existují různá provedení této nástavby. Hlavními funkčními prvky jsou výšková nastavitelnost, aby byla zajištěna kompatibilita s různými typy letadel, pístové zvedáky, které nazvednou celou nástavbu a zajistí nepohyblivost stroje při výstupu a nástupu. Většina těchto nástaveb má kryté schody, aby byli cestující kryti před nepříznivým počasím. Nadstandartní záležitostí bývá schodolez pro imobilní cestující.



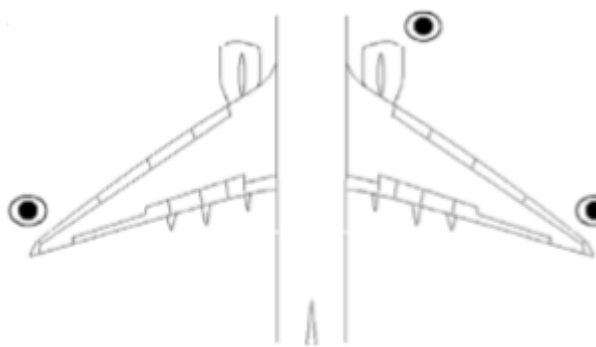
Obrázek 9 Nástupní schody

Zdroj: <https://www.aviationpros.com/gse/passenger-loading-systems-boarding-bridges-stairs-jetways/product/10025049/goldhofer-airport-technology-gmbh-passenger-stairsspecialized-chassis>

Po přistavení schodů je nutno vytyčit ochranné zóny na levé straně letadla, aby bylo zamezeno cestujícím přiblížit se k letadlu. Dbá se zejména na to, aby cestující při výstupu z letadla nechodili pod křídlem letadla a nevstupovali do oblasti motorů.

Ochranné zóny jsou vytyčovány pro různé typy letadel rozlišně. Například u Cessny 172 je ochranná zóna reprezentována kužely, které jsou na konci křídla a před vrtulí. U většího stroje jako je B737 jsou kužely umístěny na koncích křídel a před pravým motorem, u A310 je to stejně jako u B737 s tím rozdílem, že jeden kužel je přidán před pravý motor.

Na obrázku 10. je ukázáno rozmístění kuželů u letadla B737, ale už zde není ukázáno, jak se odděluje prostor, aby tam žádný cestující nemohl vstoupit. Používá se k tomu specializovaný stojan, který se přiveze pod levé křídlo vedle od umístěného kužele. Na stojanu jsou umístěny výstražné pásy, které se natáhnou a jejich konce se připevní na zadní přední schody.



Obrázek 10 Rozmístění kuželů u B737

Jakmile jsou přistaveny schody a je vytyčena ochranná zóna, dává handlingový agent pokyn vedoucí letušce k tomu, aby mohla ohlásit cestujícím, že mohou vystupovat. Handlingový agent musí dbát na bezpečnost výstupu cestujících, což znamená, že žádné letadlo na určené trase nesmí spouštět motory, popřípadě pojíždět, protože pohyb letadla může vystupující cestující ohrozit. Pokud do dané destinace přiletí imobilní cestující, musí handlingový agent zajistit asistenční službu, která cestujícího vynese z letadla. Tento imobilní cestující vystupuje jako poslední, aby mu bylo zajištěno soukromí. Dále agent zodpovídá za to, aby byli cestující přivedeni do určené příletové haly. Cestující, kteří přiletí ze Schengenského prostoru, mohou pokračovat přímo do příletové haly k vyzvednutí svých odbavených zavazadel, cestující, kteří přiletěli ze země, mimo Schengenský prostor musí projít přes pasovou kontrolu, až potom mohou pokračovat a vyzvednout si svá odbavená zavazadla.

V případě, že je let tranzitní, handlingový agent musí dohlédnout na to, aby došlo k oddělení cestujících, kteří v dané destinaci vystupují, od tranzitních cestujících. Dále odvádí tranzitní cestující do určené tranzitní haly, pokud je to kapitánem vyžádáno, pokud ne, tranzitní cestující zůstávají na palubě.

Výstup cestujících se může na větších letištích s rozlehlejší stojánkou realizovat pomocí autobusů, což znamená, že přijedou autobusy, do kterých cestující nastoupí a přepraveni k příletové hale. Tento způsob se využívá i na menších letištích, ovšem pouze v případě velkého provozu, nebo špatného počasí.

Pracovní skupina, která je zodpovědná za přistavení schodů nebo mostů přistavuje i pásy určené k vykládce a nakládce zavazadel. Nejdříve však musí zavazadlový prostor otevřít a připravit k přistavení stroje. K letadlu jsou přistaveny dva pásy, jeden k přední zavazadlové části a druhý k té zadní. Pás je nastaven na příslušnou výšku a koncová část

pásu je položena do vstupu, do této části je integrován válečkový dopravník, který pracovník jednoduše vysune a jeho délku si reguluje. Jeden pracovník vstoupí do zavazadlového prostoru, kde jsou umístěna zapsaná zavazadla a začne je umísťovat na válečkový dopravník. Ke druhému konci pásu, kde stojí dva pracovníci, jsou přivezeny vozíky, na které se zavazadla nakládají před tím, než jsou přepravena do letištního terminálu. Před ukončením vykládky pracovník celý zavazadlový prostor důkladně vizuálně prohlédne, aby se při vykládce na žádné zavazadlo nezapomenulo.

Nakládka zavazadel se řídí podle pokynu pracovníka sekce vyvážení letadel. Dále pracovníci provádějící nakládku přepraví odbavená zavazadla uložená na vozíky a začnou je nakládat na pás. Pracovník uvnitř zavazadlového prostoru je skládá do řad a na sebe a dohlíží na to, aby byl do jednotlivých sektorů zavazadlového prostoru umístěn správný počet zavazadel a při ukládání zavazadel nebylo plýtváno místem. Pokud je mezi cestujícími dítě, které vezou rodiče v kočárku, případně imobilní člověk na vozíčku, tak jsou do nákladového prostoru přidány kočárky a invalidní vozíky. Do kterého prostoru budou umístěny, rozhoduje pracovník vyvážení letadel, popřípadě handlingový agent.

Nakládka a vykládka kufrů může být řešena ještě jedním způsobem. Tento způsob se používá u větších letadel, protože do těchto letadel se zpravidla nakládá vysoký počet zavazadel, což by bylo nejen fyzicky vyčerpávající, ale i časově náročné. Zavazadla jsou umístěna do speciálních leteckých kontejnerů, přičemž každé letadlo má určeny typy leteckých kontejnerů, které mohou být do něj naloženy. Pomocí zařízení s označením „High loader“ jsou tyto kontejnery naloženy do letadla a pracovník pouze tento kontejner v nákladovém prostoru zajistí a ujistí se, že během všech fází letu nedojde ke změně jeho polohy.

Po nakládce letadla je veškerá nakládací technika odstavena a nákladové prostory jsou uzavřeny a zajištěny.

Na obrázku 11 je vidět proces nakládky zavazadel. Do předního zavazadlového prostoru jsou zavazadla nakládána, pomocí zařízení high loaderu v kontejnerech a do zadního zavazadlového prostoru pomocí pásu s jedním člověkem uvnitř a zavazadly uloženými na vozíku.



**Obrázek 11 Nakládání zavazadel**

*Zdroj: <https://www.auto.cz/vozili-jsme-na-letisti-zavazadla-posta-psi-i-vrtulnik-106494>*

Po výstupu cestujících se handlingový agent domluví s vedoucí letuškou, které služby se na jejich letadle budou provádět. Základní tři služby jsou úklid letadla, vypuštění odpadu a doplnění vody. Tyto služby mohou být poskytovány jednou, ale i více handlingovými společnostmi.

Pokud si vedoucí letuška vyžádá všechny tři služby, tak to handlingový agent oznámí příslušným pracovním skupinám. Úklid provádějí pracovníci, kteří jsou na to speciálně proškoleni, musí celé letadlo projít, zkontrolovat, uklidit, vysát, vynést koše a vytrít povrchy, které nejsou pokryty koberci a uklidit toalety. Pracovníci úklidu se dívají po zapomenutých věcech, v případě nalezení zapomenuté věci ji po potvrzení předávají handlingovému agentovi.

Vypuštění odpadu a doplnění vody provádí pracovní skupina specialistů, kteří připojují pozemní zdroj. K tomu mají k dispozici dvě speciálně upravená vozidla, která mají na nástavbách umístěny upravené přístroje k vypumpování odpadu z letadla, nebo k napumpování vody do letadla. Oba dva procesy mají stejný průběh, každé vozidlo je přistaveno k letadlu poblíž příslušného otvoru, k tomuto otvoru se připojí hadice a specialista ovládá přístroj umístěný na nástavbě vozidla.

Poslední službou, která nebyla zmíněná, ale je často poskytována je catering. O realizaci cateringu však nemůže žádat vedoucí letuška, ale cateringová firma tyto informace zná s předstihem, aby byla schopná nachystat jídlo pro celé letadlo a pro posádku. Nakládka cateringu je prováděna na pravé straně letadla, kdy je k předním

dveřím přistaveno nákladní vozidlo s hydraulickou nástavbou, které je schopno celou nástavbu vyzdvihnout až ke dveřím letadla. Veškeré jídlo je uloženo v přepravních boxech, které jsou pro snadnější manipulaci opatřeny kolečky. Catering se doplňuje do přední kuchyně a poté do zadní kuchyně, přičemž catering do zadní kuchyně je přepraven uličkou mezi sedadly v letadle.

Jakmile je vytyčena ochranná zóna kolem letadla, tak k němu přijíždí vozidlo, aby po výstupu cestujících mohly do letadla doplněny pohonné hmoty. Společnost, která do daného letadla doplňuje pohonné hmoty, je předem smluvně zajištěna a pracovník plnění letadla má k dispozici seznam aktuálních přiletů letadel, aby mohl být na stání včas a stihnul pohonné hmoty do letadla doplnit. Počet tun doplňovaného paliva určuje kapitán a tuto informaci sděluje buď pracovník plnění letadla sám, popřípadě prostřednictvím handlingového agenta.

Pro tankování paliva existují dané postupy, z jejichž dodržování musí být pracovník plnění letadla proškolen. Proces doplňování paliva při výskytu tranzitních cestujících na palubě letadla může být zahájen až po příjezdu hasičů, kteří provádějí asistenci při tankování a neustále dohlíží na místo, kde je hadice připojena k letadlu. Při tankování s asistencí platí další pravidla a to, že se nesmí odstavit zadní schody, nástup a výstup je prováděn pouze předními schody a cestující nesmí mít zapnutý pás na palubě letadla.



**Obrázek 12 Doplnění letadla pohonnými hmotami**

Zdroj: <https://www.15min.lt/verslas/naujienu/transportas/g-ziemelio-valdoma-bgs-isteige-imone-vokietijoje-667-899622>

Na obrázku 12 je znázorněno proces doplňování paliva. Vozidlo s palivem přijede k pravému křídlu letadla, palivář si připraví schody, aby dosáhl na plnicí otvor, uzemní

hadici k letadlu, vytáhne hadici z cisterny a začíná plnit. U plnicího otvoru jsou tři ukazatele, které indikují stav paliva v kilogramech v každé nádrži. Nádrže jsou tři a to v levém křídle, pravém křídle a trupu. Ve vozidle je ukazatel, kolik paliva již bylo doplněno a ukazatel, kolik paliva k doplňování ještě ve vozidle zbývá.

### **1.3.3 Odletový proces**

#### **Nástup cestujících**

Handlingový agent po dohodě s vedoucí letuškou vydá pokyn k zahájení nástupu cestujících. Pro tento proces platí stejné postupy jako pro proces výstupu cestujících. Handlingový agent musí dohlédnout na to, aby lidé nenastupovali do jiného letadla, neporušili ochranné zóny letadla. Opět zde platí určité zásady, které musí být dodrženy. Pokud je mezi cestujícími imobilní osoba, která potřebuje asistenci s nástupem do letadla, nastupuje prioritně. Nástup cestujících se může realizovat nástupním mostem, pokud je jím letiště vybaveno, k přepravě cestujících ke vzdáleněji stojícím letadlům může být využit autobus.

Po nástupu cestujících na palubu letadla je povinností letušek zjistit počet všech cestujících na palubě, pokud se zjištěný počet cestujících shoduje s počtem cestujících uvedeným na load sheetu, mohou letušky se souhlasem kapitána uzavřít dveře letadla. Následně je zrušena ochranná zóna kolem letadla a pracovník marshallingu obchází letadlo a dělá vizuální prohlídku. Pracovníci odstaví zadní i přední nástupní schody, zadní schody mohou být na pokyn handlingového agenta odstaveny dříve, než je dokončen nástup cestujících. Totéž se týká nástupních mostů.

Pracovník marshallingu požádá kapitána o souhlas s odpojením pozemního zdroje, pokud jej získá, tak předá informaci specialistovi, který pozemní zdroj odpojí a odveze. Pracovník marshallingu komunikuje s kapitánem pomocí připojených sluchátek, a jakmile kapitán dostane povolení od pracovníka řízení letového provozu, tak před zahájením spouštění motorů sdělí tuto informaci pracovníkovi marshallingu, který odpojí svá sluchátka od interkomu letadla a odebere klíny od přední podvozkové nohy.

Odjezd ze stojánky může být proveden dvěma způsoby. Buď se pilot s letadlem na stojánce začne otáčet po směru hodinových ručiček a vyjede příslušným výjezdem, kde na něj na vyžádání čeká vozidlo Follow me. Druhým způsobem je vytlačení letadla ze stojánky speciálním tahačem (push-back), který je připojený k přední podvozkové noze.



Ve druhém případě může pilot spustit motory až po vytlačení letadla tahačem a jeho odpojení.

#### **1.4 Personál zajišťující odbavení letadla**

Personál zajišťující odbavení letadla může záviset na náročnosti odbavovacího procesu, která vyplývá z typu letadla a destinace, kterou letadlo obsluhuje. Dále počty pracovníků mohou záviset na očekávaném rozsahu poskytovaných služeb.

Například, pokud by na stojánce letiště bylo odbavováno letadlo Boeing 747, u kterého se zavazadla, náklad nebo pošta nakládají pouze v leteckých kontejnerech, počet pracovníků odbavení letadla bude vyšší. Aby tyto letecké kontejnery mohly být naloženy, je potřeba využít high loaderu u předních i zadních nákladových dveří. Použití pouze jednoho high loaderu, který se po naložení předního nákladového prostoru přemístí k zadnímu, má za následek navýšení počtu pracovníků, protože tato nakládková technologie vyžaduje vyšší počet obsluhujících zaměstnanců. Pokud by byly použity dva high loadery, byl by počet pro obsluhu high loaderů dvojnásobný.

Dalším příkladem je odbavení letadla ATR42, kterému na ostravském letišti byly poskytovány minimální služby a to pouze marshalling, nakládka a vykládka zavazadel. ATR42 je malé dopravní letadlo, k jehož nakládce a vykládce zavazadel není potřeba pásových dopravníků. Celkový počet pracovníků je výrazně nižší.

#### **Složení personálu provádějícího technický handling**

Ve všech případech odbavení je k dispozici sedm pracovních skupin.

První skupina je tvořena handlingovým agentem zodpovědným za koordinaci ostatních pracovních skupin, výstup a nástup cestujících, dodání potřebných dokumentů a komunikaci s kapitánem letadla.

Další pracovní skupinu zastupují pracovníci marshallingu, kteří vykonávají všechny činnosti spojené se zastavením letadla na stojánce a odjezdem letadla ze stojánky.

Třetí skupinu tvoří specialisté vykonávající všechny činnosti související se zajištěním letadla na stojánce a se službami, které budou na zemi poskytnuty, jako je připojení pozemního zdroje, vypuštění toalet a doplnění vody do letadla.

Čtvrtou skupinu tvoří pracovníci určení k vykládce a nakládce letadel, kteří vykonávají přistavení a odstavení techniky sloužící k nakládce a vykládce zavazadel, nákladu a pošty a o přistavení a odstavení nástupních schodů.



Další pracovní skupinou jsou pracovníci úklidu letadla, kteří jsou zodpovědní za kompletní úklid paluby letadla.

Pracovník cateringu je zodpovědný za nakládku a vykládku prázdných jídelních jednotek a doplnění nových s příslušnou kategorií jídla, která je objednána. Složitost práce pracovníka cateringu závisí na typu letadla a celkového objemu objednaného jídla.

Poslední skupinu tvoří pracovníci doplňování pohonných hmot, kteří mají za úkol naplnit požadované množství paliva na další let. Tato skupina primárně podléhá kapitánovi, který stanoví hmotnost doplňovaného paliva. V některých případech kapitán sdělí tuto informaci handlingovému agentovi, který ji předá pracovníkovi doplňování paliva.

Za situace, kdy bude letadlo doplňováno pohonnými hmotami, a tranzitní cestující zůstanou na palubě, se na procesu odbavení bude podílet další pracovní skupina – hasiči. Pracovní skupina hasičů přijede na stojánku letiště hasičským vozidlem a dohlíží na průběh doplňování pohonných hmot. Vozidlo je vybaveno kamerou, která je nasměrována na plnicí otvor letadla a pracovníci uvnitř vozu monitorují průběh doplňování paliva po celou jeho dobu.

## 2 Síťový model procesu odbavení letadla

V následující kapitole je popsána metoda kritické cesty, jsou zde vymezeny pravidla, za kterých bude síťový graf vytvořen, budou na něm provedeny výpočty. Dále je zde ukázaná hierarchie pracovních pozic a tabulka, kde je vymezeno, kterou činnost může určitá skupina pracovníků provádět. Tato kapitola byla zpracována za pomoci zdroje [11], [12].

### 2.1 Metoda kritické cesty

Základní deterministická metoda síťové analýzy (projektového řízení) je Metoda kritické cesty, v angličtině „Critical Path Method“.

Projekt je reprezentován tzv. síťovým grafem, tj. orientovaným grafem, ve kterém uzly reprezentují začátky a konce jednotlivých činností, hrany reprezentují činnosti samé a ohodnocení hran reprezentuje délky trvání jednotlivých činností.

Jedním z cílů této metody je nalézt tzv. kritickou cestu, což je nejdelší posloupnost na sebe navazujících činností začínající ve výchozím uzlu (uzel reprezentující začátek projektu) a končící v koncovém uzlu (uzel reprezentující konec projektu), proto také její délka reprezentuje celkovou dobu řešení projektu. Jakékoliv prodloužení doby trvání některé z kritických činností má za následek prodloužení celkové doby realizace projektu.

Metoda kritické cesty umožňuje u každé činnosti vyčíslit časovou rezervu. Kritické činnosti jsou potom všechny činnosti s nulovou časovou rezervou

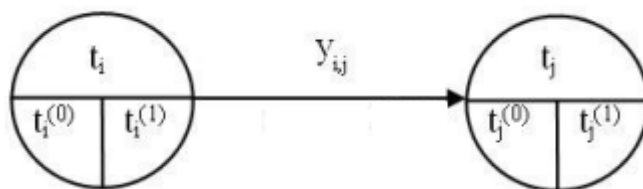
Základem výpočetní fáze Metody kritické cesty jsou výpočty časových hodnot vztahujících se k jednotlivým činnostem, ze kterých se projekt skládá. Konkrétně jde o tyto propočty:

- **pro každý uzel:**
  - nejdříve možný termín uzlu –  $T_E$ ,
  - nejpozději přípustný termín uzlu –  $T_L$ ,
- **pro každou činnost:**
  - nejdříve možný začátek činnosti –  $t_i^{(0)}$ ,
  - nejpozději přípustný začátek činnosti –  $t_i^{(1)}$ ,
  - nejdříve možný konec činnosti –  $t_j^{(0)}$ ,
  - nejpozději přípustný konec činnosti –  $t_j^{(1)}$ ,

čas trvání činnosti –  $y_{ij}$ ,

uzel reprezentující začátek činnosti –  $t_i$ ,

uzel reprezentující konec činnosti –  $t_j$ .



Obrázek 13 Označení prvků síťového grafu pro každou činnost

Na obrázku 13 je znázorněna poloha zavedeného značení v rámci jedné hrany síťového grafu. Uzly mají statický charakter, nečerpají ani čas, ani zdroje. Činnosti mají dynamický charakter, čerpají čas a zdroje. Činnosti mohou být aktivní, čekající nebo fiktivní.

### Výpočet kritické cesty

Nejprve se cestou vpřed (z počátečního uzlu do koncového uzlu) vypočítají nejdříve možné termíny všech uzlů ( $T_E$ ). U činností se jedná o nejdříve možné začátky činností ( $t_i^{(0)}$ ,  $t_j^{(0)}$ ). U uzlů, do kterých ústí více činností, je nutno propočíst všechny hodnoty a nejdříve možným termínem uzlu ( $T_E$ ) je potom nejvyšší hodnota, protože další činnost může pokračovat až v momentě ukončení všech předchozích činností. Na základě těchto propočtů je možné stanovit délku trvání celého projektu, kritická cesta však ještě nemůže být určena.

Cestou zpět (z koncového uzlu do počátečního uzlu) se propočtou nejpozději přípustné termíny všech uzlů ( $T_L$ ). U činností se jedná o nejpozději přípustné konce činností ( $t_i^{(1)}$ ,  $t_j^{(1)}$ ). U uzlů, do kterých na cestě zpět, ústí více činností, je nutno propočíst všechny hodnoty a nejpozději přípustným časem uzlu je nejnižší z vypočítaných hodnot. Na základě těchto propočtů je již možné stanovit kritickou cestu. Kritická cesta vede uzly, u nichž se hodnoty nejdříve možných termínů rovnají hodnotám nejpozději přípustných termínů.

Následně budou vypočítány rezervy – konkrétně se jedná o celkové, volné, závislé a nezávislé rezervy.

Určení celkových, volných, závislých a nezávislých časových rezerv umožní posoudit volnost jednotlivých nekritických činností. K výpočtu rezerv se využijí následující vztahy:

$$\text{Celková rezerva:} \quad CR_{i,j} = t_j^{(1)} - t_i^{(0)} - y_{i,j} \quad (1)$$

$$\text{Volná rezerva:} \quad VR_{i,j} = t_j^{(0)} - t_i^{(0)} - y_{i,j} \quad (2)$$

$$\text{Závislá rezerva:} \quad ZR_{i,j} = t_j^{(1)} - t_i^{(1)} - y_{i,j} \quad (3)$$

$$\text{Nezávislá rezerva:} \quad NR_{i,j} = t_j^{(0)} - t_i^{(1)} - y_{i,j} \quad (4)$$

$$\text{Vztah mezi rezervami:} \quad CR_{i,j} \geq VR_{i,j}, ZR_{i,j}, NR_{i,j} \geq 0 \quad (5)$$

Celková rezerva činnosti představuje maximální možné prodloužení této činnosti nebo posunutí jejího zahájení oproti nejdříve možnému začátku, které nenaruší plánovaný termín projektu.

Volná časová rezerva činnosti představuje prodloužení této činnosti nebo posunutí jejího zahájení oproti jejímu nejdříve možnému začátku, aniž se změní nejdříve možný začátek všech bezprostředně následujících činností.

Závislá časová rezerva vzniká u dané činnosti, jestliže se posune v maximální možné míře začátek všech následujících navazujících činností.

Nezávislá časová rezerva činnosti udává možné prodloužení této činnosti nebo posunutí jejího zahájení oproti jejímu nejdříve možnému začátku, aniž se změní nejdříve možný začátek všech bezprostředně následujících činností a nejpozději přípustný konec bezprostředně předcházejících činností.

## 2.2 Vstupní podmínky pro řešenou úlohu

Síťový graf pro odbavení letadla na zemi byl sestaven pro charterový let realizovaný letadlem Boeing 737 na mezinárodním letišti Ostrava. Charterový let byl proveden bez mezipřistání, takže na palubě v průběhu odbavení nezůstali žádní tranzitní cestující. Protože se výpočet vztahuje k technickému handlingu, nezáleží na tom, zda byl let realizován uvnitř nebo mimo Schengenský prostor.

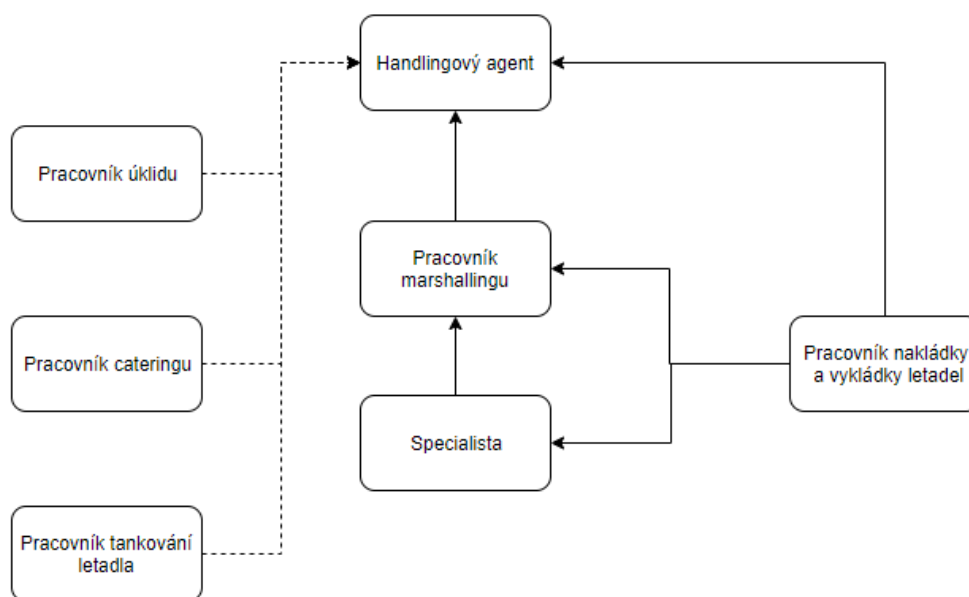
Letadlu je přidělen jeden handlingový agent. K výstupu cestujících byly použity dvojce výstupní schody, k vykládce zavazadel byly použity právě dva pásové dopravníky,

v nákladovém prostoru letadla byla naložena pouze zavazadla, žádný náklad nebo pošta, a zavazadla nebyla naložena v kontejnerech. Zavazadla byla naložena v předním i zadním nákladovém prostoru. Tankování letadla bylo provedeno z vozidla, tankování letadla proběhlo po výstupu všech cestujících, tedy nebylo zapotřebí asistence hasičů při odbavení.

Cestující překonali pěšky pod dohledem handlingového agenta, nástup cestujících byl zahájen okamžitě po dokončení tankování letadla, cestující opět překonali trasu od letištního terminálu k letadlu pěšky přes stojánku letiště pod dohledem handlingového agenta. Letadlo ze stání nebylo vytlačeno pomocí push-backu.

### Hierarchie pracovníků podílejících se na odbavení letadla

Na obrázku č. 14 je vyobrazena hierarchie pracovníků odbavení letadla.



Obrázek 14 Hierarchie pracovníků podílejících se na odbavení letadla

Plnými čarami je znázorněn vztah přímé nadřízenosti/podřízenosti pracovníků. Nejvýše postaveným pracovníkem je handlingový agent. Přerušovanými čarami jsou naznačeny nepřímé vztahy, to znamená, že na letišti Ostrava danou činnost vykonává externí firma a handlingový agent je jejich nepřímým nadřízeným. V tabulce 1 jsou znázorněny činnosti, které může vykonávat daná skupina pracovních pozic. Je zde i pořadí, ve kterém je možné, aby daná pracovní skupina byla zastoupena jinou. Například činnost přistavení schodů primárně vykonává pracovní skupina nakládky letadla, sekundárně ji může vykonávat Specialista a terciálně pracovník marshallingu. Na obrázku je také uvedeno, kolik mají jednotlivé pracovní skupiny členů.

Tabulka 1 Oprávnění k provedení dílčích činností

		1	2	3	4	5	6	7
	Činnost/Pracovník	Handlingový agent	Marshall	Specialista	Pracovník naložení letadla	Pracovník úklidu	Pracovník cateringu	Pracovník tankování letadla
1	Navedení na stání		1					
2	Zajištění příďového podvozku		1					
3	Připojení GPU		2	1				
4	Ochranná zóna		1	2	3			
5	Vizuální kontrola letadla		1					
6	Přistavení schodů		3	2	1			
7	Otevření nákladových prostor		3	2	1			
8	Přistavení pásových dopravníků		3	2	1			
9	Vykládka zavazadel				1			
10	Výstup cestujících	1						
11	Tankování paliva							1
12	Doplnění palubního bufetu						1	
13	Doplnění pitné vody		2	1				
14	Vypuštění toalet		2	1				
15	Úklid kabiny					1		
16	Nakládka zavazadel				1			
17	Odstavení pásových dopravníků		3	2	1			
18	Uzavření nákladových prostor		3	2	1			
19	Nástup cestujících	1						
20	Dodání dokumentů	1						
21	Odstavení schodů		3	2	1			
22	Odpojení GPU		2	1				
23	Zrušení ochranné zóny		1	2	3			
24	ViZuální kontrola letadla		1					
25	Odebrání klínů		1					
26	Marshalling		1					
	Počet pracovníků	1	1	1	6	5	1	1

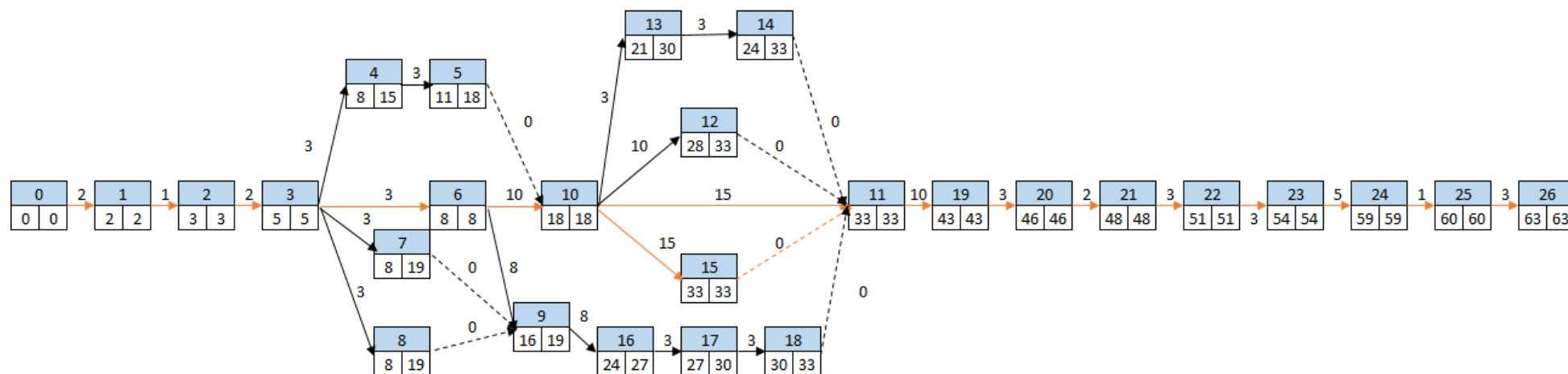
## 2.3 Síťový graf

Síťový graf byl vytvořen za dodržení všech výše uvedených vstupních podmínek. V tabulce 2 je výčet všech činností, které byly prováděny při odbavení, jejich časovou náročnost (doba trvání) a hranu, která danou činnost v síťovém grafu reprezentuje.

**Tabulka 2 Vstupní informace pro tvorbu síťového grafu**

	Činnost	Doba trvání (min)	i,j
1	Navedení na stání	2	0;1
2	Zajištění předového podvozku	1	1;2
3	Připojení GPU	2	2;3
4	Ochranná zóna	3	3;4
5	Vizuální kontrola letadla	3	4;5
6	Přistavení schodů	3	3;6
7	Otevření nákladových prostor	3	3;7
8	Přistavení pásových dopravníků	3	3;8
9	Vyložení zavazadel	8	6;9
10	Výstup cestujících	10	6;10
11	Tankování paliva	15	10;11
12	Doplnění palubního bufetu	10	10;12
13	Doplnění pitné vody	3	10;13
14	Vypuštění toalet	3	13;14
15	Úklid kabíny	15	10;15
16	Naložení zavazadel	8	9;16
17	Odstavení pásových dopravníků	3	16;17
18	Uzavření nákladových prostor	3	17;18
19	Nástup cestujících	10	11;19
20	Dodání dokumentů	3	19;20
21	Odstavení schodů	2	20;21
22	Odpojení GPU	3	21;22
23	Zrušení ochranné zóny	3	22;23
24	Vizuální kontrola letadla	5	23;24
25	Odebrání klínů	1	24;25
26	Marshalling	3	25;26

Na obrázku 15 je síťový graf pro odbavení letadla. Oranžovou hranou je znázorněná kritická cesta, která trvá 63 minut.



Obrázek 15 Síťový graf technického handlingu vybraného typu letadla na letišti Ostrava



### Příklad výpočtu

Výpočet Metodou kritické cesty probíhá v několika fázích. V první fázi je napsána nula do výchozího uzlu. Dále se postupuje podle vztahu (5), kterým jsou vypočítány nejdříve možné konce činností.

$$t_j: t_i^{(0)} + y_{i,j} = t_j^{(0)} \quad (5)$$

Např.:  $t_1: 0 + 2 = 2$ .

Pokud do uzlu vede více orientovaných hran, tak musí být nejdříve vypočítány všechny nejdříve možné konce činnosti a z nich vybrána nejvyšší hodnota. První fáze výpočtu je u konce, až je vypočítán nejdříve možný konec koncové činnosti.

V druhé fázi stanovíme, že nejdříve možný konec koncové činnosti je zároveň i nejpozději přípustným koncem této činnosti. V síťovém grafu to znamená, že vypočítaná hodnota nejdříve možného konce činnosti je 63 přepsána do pravého pole koncového uzlu, tím je stanoveno, že je i tento časový okamžik zároveň nejpozději přípustným koncem činnosti. Posléze pokračuje výpočet v opačném směru pomocí vztahu (6) jsou spočítány nejpozději přípustné začátky činností.

$$t_i: t_j^{(1)} - y_{i,j} = t_i^{(1)} \quad (6)$$

Např.  $t_{23}: 59 - 5 = 54$ .

Pokud z uzlu vystupuje více hran, tak je nutné nejdříve vypočítat všechny hodnoty nejpozději přípustných začátků činností a z nich vybrat nejnižší hodnotu.

Kritická cesta prochází činnostmi, u kterých je hodnota nejdříve možných začátků a nejpozději přípustných začátků činností stejná.

## Časové rezervy

Pro každou činnost byly vypočítány i časové rezervy. V tabulce 3 jsou vypočítány hodnoty jednotlivých rezerv.

Tabulka 3 Hodnoty rezerv

i/j	Celková rezerva	Volná rezerva	Závislá rezerva	Nezávislá rezerva
0;1	0	0	0	0
1;2	0	0	0	0
2;3	0	0	0	0
3;4	7	0	7	0
4;5	0	0	0	0
3;6	0	0	0	0
3;7	11	0	11	0
3;8	11	0	11	0
6;9	3	0	3	0
6;10	0	0	0	0
10;11	0	0	0	0
10;12	5	0	5	0
10;13	9	0	9	0
13;14	9	0	0	0
10;15	0	0	0	0
9;16	3	0	0	0
16;17	0	0	0	0
17;18	3	0	0	0
11;19	0	0	0	0
19;20	0	0	0	0
20;21	0	0	0	0
21;22	0	0	0	0
22;23	0	0	0	0
23;24	0	0	0	0
24;25	0	0	0	0
25;26	0	0	0	0

## Příklad výpočtu rezerv

K výpočtu jednotlivých rezerv byly využity (1) – (4) vztahy. Ke každé rezervě byl spočítán jeden vzorový příklad.

$$CR_{3,4} = 15 - 5 - 3 = 7$$

Podle vztahu (1), který byl použit k výpočtu celkové rezervy, je do vztahu dosazena hodnota nejpozději přípustného konce činnosti uzlu 4, od které je odečtena hodnota nejdříve možného začátku činnosti 3 a doba trvání činnosti.

$$VR_{3,4} = 8 - 5 - 3 = 0$$

Podle vztahu (2) byla vypočítaná hodnota volné rezervy. Do vztahu byla dosazena hodnota nejdříve možného konce činnosti, od které byla odečtena hodnota nejdříve možného začátku činnosti a čas trvání činnosti.

$$ZR_{3,4} = 8 - 5 - 3 = 0$$

Podle vztahu (3) byla vypočítaná závislá rezerva. Do vztahu byla dosazena hodnota nejdříve možného konce činnosti, od které byla odečtena hodnota nejpozději přípustného začátku činnosti a čas trvání činnosti.

$$NR_{3,4} = 8 - 5 - 3 = 0$$

Podle vztahu (4) byla vypočítaná nezávislá rezerva. Do vztahu byla dosazena hodnota nejdříve možného konce činnosti, od které byla odečtena nejpozději přípustného začátku činnosti a čas trvání činnosti.

V některých případech se stane, že hodnota nezávislé rezervy vyjde záporná. V takovém případě se záporná hodnota neužívá, místo toho je nahrazena nulou.

Vztah (5) musí platit za všech okolností.

### 3 Matematický model pro plánování personálního zabezpečení obslužných procesů

V této kapitole bude popsán matematický model určený k přidělování pracovníků jednotlivým činnostem odehrávajícím se v průběhu technického handlingu.

K řešení obecného problému přidělování pracovníků činnostem byl v minulosti navržen lineární matematický model [13], který však bylo nutno pro potřeby řešení problému určitým způsobem upravit. Model se skládá z účelové funkce a soustavy omezujících podmínek. V následujících podkapitolách budou popsány vstupní informace, zavedené proměnné, význam účelové funkce a jednotlivých skupin podmínek.

Všechny vstupní informace pro vytvoření funkčního matematického modelu jsou převzaty z předchozí kapitoly, konkrétně z výsledků získaných Metodou kritické cesty.

#### 3.1 Formulace optimalizační úlohy

Je dána množina činností  $N$ , množina kvalifikací, které mohou vykonávat činnost  $i \in N$ , označená jako  $P_i$ , množina pracovníků kvalifikace  $p$  označená jako  $L_p$ . Pro každou činnost  $i \in N$  je definován její nejdříve možný začátek  $\bar{t}_i$ , její nejpozději přípustný začátek  $\bar{\bar{t}}_i$  a počet pracovníků kvalifikace  $p \in P_i$ , kteří jsou potřeba k jejímu vykonání  $n_{i,p}$ . Úkolem je přiřadit pracovníky jednotlivých kvalifikací jednotlivým činnostem tak, aby celkový počet nasazených pracovníků byl minimální.

#### 3.2 Řešení optimalizační úlohy

K řešení úlohy budou do modelu zavedeny dvě skupiny proměnných:

$x_{ijpl}$ ...bivalentní proměnná reprezentující přesun pracovníka  $l$  kvalifikace  $p$  z činnosti  $i$  na činnost  $j$  (to samozřejmě nastává tehdy, když mohou být obě činnosti vykonávány pracovníkem s kvalifikací  $p$ ). Když  $x_{ijpl} = 1$ , potom to znamená, že přesun daného pracovníka mezi činnostmi se uskuteční, když  $x_{ijpl} = 0$ , potom to znamená, že přesun daného pracovníka mezi činnostmi se neuskuteční.

$z_i$ ...nezáporná proměnná reprezentující možný časový posun začátku činnosti  $i \in N$ .

Účelová funkce:

$$\min f(x, z) = \sum_{j \in N} \sum_{p \in P_j} \sum_{l \in L_p} x_{0jpl} \quad (8)$$

Soustava omezujících podmínek:

$$\sum_{i \in N \cup \{0\}} \sum_{l \in L_p} x_{ijpl} = n_{jp} \quad \text{pro } j \in N; p \in P_i \cap P_j \quad (9)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ijpl} \leq 1 \quad \text{pro } i \in N; p \in P_i \cap P_j; l \in L_p \quad (10)$$

$$\sum_{i \in N \cup \{0\}} x_{ijpl} = \sum_{i \in N} x_{jipl} \quad \text{pro } j \in N; p \in P_i \cap P_j; l \in L_p \quad (11)$$

$$\bar{t}_i + z_i + T_i \leq \bar{t}_j + z_j + M \cdot (1 - x_{ijpl}) \quad \text{pro } i \in N; j \in N; p \in P_i \cap P_j; l \in L_p \quad (12)$$

$$z_i \leq \bar{t}_i - \bar{t}_i \quad \text{pro } i \in N \quad (13)$$

$$x_{ijpl} \in \{0; 1\} \quad \text{pro } i \in N; j \in N; p \in P_i \cap P_j; l \in L_p \quad (14)$$

$$z_i \geq 0 \quad \text{pro } i \in N \quad (15)$$

Funkce (8) reprezentuje celkový počet nasazených pracovníků. Skupina omezujících podmínek podle vztahu (9) zajistí, že ke každé činnosti bude přidělen požadovaný počet pracovníků  $l$  kvalifikace  $p$ . Skupina omezujících podmínek podle vztahu (10) zajistí, že každý pracovník  $l$ , který může vykonávat činnosti  $i$  a  $j$ , přejde po dokončení činnosti  $i$  maximálně k jedné činnosti  $j$ . Skupina omezujících podmínek podle vztahu (11) zajistí kontinuitu pracovníka. To znamená, že když je pracovník nasazen na činnost  $i$ , tak z této činnosti po jejím dokončení musí být také odveden. Skupina omezujících podmínek podle vztahu (12) zajistí časovou kontinuitu práce. To znamená, že když pracovník  $l$  kvalifikace  $p$  nasazený na činnost  $i$  nestihne čas zahájení činnosti  $j$ , potom k přesunu mezi činnostmi  $i$  a  $j$  nedojde (symbol  $M$  reprezentuje prohibitivní konstantu). Skupina omezujících podmínek podle vztahu (13) znamená, že časový posun činnosti  $i$  se může uskutečnit pouze v intervalu ohraničeném nejdříve možným časem činnosti a nejpozději přípustným začátkem činnosti. Skupiny omezujících podmínek (14) a (15) určují definiční obor proměnných použitých v modelu.

### 3.3 Upravený matematický model

K řešení zadané optimalizační úlohy v podmínkách letiště Ostrava byl matematický model upraven, aby splňoval parametry určené provozem na letišti. Účelová funkce zůstává stejná jako v předchozím modelu, významy rozhodovacích proměnných se také

nemění. Nad rámec předchozího modelu je pro každou činnost  $j \in N$  zavedena konstanta  $C_j$  modelující počet zaměstnanců, kteří mají být přiděleni k vykonávání dané činnosti. Dále je do modelu odchylně od předchozího modelu zavedena množina kvalifikací  $P$  a pro každou kvalifikaci  $p \in P$  je definována konstanta  $c_p$  reprezentující počet pracovníků dané kvalifikace. Příslušnost kvalifikace  $p \in P$  k vykonávání činnosti  $j \in N$  je modelována prostřednictvím incidenční matice  $\mathbf{A}$ , přičemž, když činnost  $j \in N$  může vykonávat zaměstnanec s kvalifikací  $p \in P$ , potom  $a_{jp} = 1$ , v opačném případě  $a_{jp} = 0$ .

$$\min f(x, z) = \sum_{j \in N} \sum_{p \in P} \sum_{l \in L_p} x_{0jpl} \quad (8)$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{p \in P_j} \sum_{l \in L_p} a_{jp} x_{ijpl} = C_j \quad \text{pro } j \in N \quad (16)$$

$$\sum_{j \in N} \sum_{l \in L_p} x_{0jpl} \leq c_p \quad \text{pro } p \in P \quad (17)$$

$$x_{ijpl} \leq a_{jp} \quad \text{pro } i \in N \cup \{0\}; j \in N; p \in P; l \in L_p \quad (18)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ijpl} \leq 1 \quad \text{pro } i \in N; p \in P; l \in L_p \quad (10)$$

$$\sum_{i \in N \cup \{0\}} x_{ijpl} = \sum_{i \in N} x_{jipl} \quad \text{pro } j \in N; p \in P; l \in L_p \quad (11)$$

$$\bar{t}_i + z_i + T_i \leq \bar{t}_j + z_j + M \cdot (1 - x_{ijpl}) \quad \text{pro } i \in N; j \in N; p \in P; l \in L_p \quad (12)$$

$$z_i \leq \bar{t}_i - \bar{t}_i \quad \text{pro } i \in N \quad (13)$$

$$x_{ijpl} \in \{0; 1\} \quad \text{pro } i \in N; j \in N; p \in P; l \in L_p \quad (14)$$

$$z_i \geq 0 \quad \text{pro } i \in N \quad (15)$$

Funkce (16) reprezentuje počet nasazených pracovníků. Skupina omezujících podmínek (17) zajistí, že ke každé činnosti  $j$  bude přidělen požadovaný počet pracovníků. Skupina omezujících podmínek (18) zajistí, že na v každé skupině kvalifikací v rámci řešení úlohy nebude použito více pracovníků, než je k dispozici v současnosti. Skupina omezujících podmínek (19) zajistí, že když činnost  $j \in N$  nemůže být vykonávána pracovníkem s kvalifikací  $p \in P$ , potom k vykonávání dané činnosti pracovník dané

profese nebude nasazen. Význam ostatních skupin podmínek zůstává stejný jako v předchozím modelu.

Protože účelová funkce pouze minimalizuje počet nasazených pracovníků, může se po skončení optimalizačního výpočtu stát, že nastane nežádoucí odchylka od technologických postupů používaných v praxi. Tato nežádoucí odchylka spočívá v tom, že k výkonu některé činnosti bude nasazen pracovník kvalifikace, která je k výkonu této činnosti určena až jako druhá nebo třetí v pořadí a přitom je k dispozici pracovník kvalifikace, která je určena k výkonu dané činnosti jako první v pořadí. Aby bylo zabráněno této nežádoucí technologické odchylce (i když byla způsobena snížením celkového počtu pracovníků nasazených k odbavení letadla), je vhodné po vyřešení modelu obsahujícího účelovou funkci (8) a soustavu omezujících podmínek (10) – (18) bude provedena ještě jedna fáze optimalizačního výpočtu spočívající ve vyřešení modelu obsahujícího soustavu omezujících podmínek (10) – (18) a účelovou funkci (19),

$$\min f(x, z) = \sum_{i=0} \sum_{j \in N} \sum_{p \in P} \sum_{l \in L_p} r_{jp} x_{0jpl} \quad (19)$$

ve které konstanty  $r_{jp}$  jsou prvky penalizační matice. Penalizační matice vznikne na základě následujících úvah. Protože účelová funkce (19) je minimalizačního typu, tak prvek  $r_{jp}$  reprezentující nasazení kvalifikace  $p \in P$  určené k výkonu činnosti  $j \in N$  jako první v pořadí bude mít přiřazenu nejnižší hodnotu penále – např. 1, prvek  $r_{jp}$  reprezentující nasazení kvalifikace  $p \in P$  určené k výkonu činnosti  $j \in N$  jako druhé v pořadí, bude mít přiřazenu vyšší hodnotu penále – např. 100 a prvek  $r_{jp}$  reprezentující kvalifikaci  $p \in P$  určené k výkonu činnosti  $j \in N$  jako třetí v pořadí bude mít přiřazenu nejvyšší hodnotu penále – např. 1 000.

Ve druhé fázi optimalizačního výpočtu však musí být respektován výsledek první fáze optimalizačního výpočtu, to znamená, že k odbavení letadla nesmí být použit větší počet pracovníků, než byl vypočítán v předchozí fázi. Necht' je tento minimální počet označen  $Q$ . Podmínka zajišťující splnění uvedeného požadavku bude mít tvar (20):

$$\sum_{j \in N} \sum_{p \in P} \sum_{l \in L_p} x_{0jpl} \leq Q \quad (20)$$

## 4 Aplikace matematického modelu

Protože některé symboly zavedené v modelu nejsou vhodné pro použití v optimalizačním software Xpres-IVE (např. označení veličin reprezentujících nejdříve a nejpozději možné začátky činností), bude nejdříve v této kapitole uvedena převodní tabulka symbolů. Dále zde budou uvedeny texty programů pro optimalizační software Xpress-IVE, který bude použit pro řešení, a které vznikly na základě modelu (8), (10) – (18) a modelu (10) – (20).

### 4.1 Převodní tabulka

V následující převodní tabulce 4 jsou uvedeny všechny symboly, se kterými se pracovalo v modelech v předchozí kapitole a jejich označení se v textech programů liší.

Tabulka 4 Převodní tabulka konstant

Symbol z obecného modelu	Symbol použitý v Xpress-IVE	Význam
$\bar{t}$	T1	nejdříve možné začátky činností
$\bar{\bar{t}}$	T2	nejpozději přípustné začátky činností
$t$	Tc	doba trvání činností

### 4.2 Vstupní hodnoty

Vstupní hodnoty uvedené v tabulce 5 byly vypočítány v kapitole 2 Metodou kritické cesty. V tabulce 5 jsou vypsány hodnoty nejdříve možných začátků činností ( $\bar{t}$ ), nejpozději přípustných začátků činností ( $\bar{\bar{t}}$ ) a časová náročnosti každé činnosti ( $t$ ). Činnosti jsou seřazeny v logickém sledu za sebou.



Tabulka 5 Časové hodnoty činností

$i$	Činnost	$\bar{t}$ (min)	$\bar{\bar{t}}$ (min)	$t$ (min)
1	Navedení na stání	0	0	2
2	Zajištění příďového podvozku	2	2	1
3	Připojení GPU	3	3	2
4	Ochranná zóna	5	5	3
5	Vizuální kontrola letadla	8	15	3
6	Přistavení schodů	5	5	3
7	Otevření nákladových prostor	5	5	3
8	Přistavení pásových dopravníků	5	5	3
9	Vykládka zavazadel	8	8	8
10	Výstup cestujících	8	8	10
11	Tankování paliva	18	18	15
12	Doplnění palubního bufetu	18	18	10
13	Doplnění pitné vody	18	18	3
14	Vypuštění toalet	21	30	3
15	Úklid kabiny	18	18	15
16	Nakládka zavazadel	16	19	8
17	Odstavení pásových dopravníků	24	27	3
18	Uzavření nákladových prostor	27	30	3
19	Nástup cestujících	33	33	10
20	Dodání dokumentů	43	43	3
21	Odstavení schodů	46	46	2
22	Odpojení GPU	48	48	3
23	Zrušení ochranné zóny	51	51	3
24	Vizuální kontrola letadla	54	54	5
25	Odebrání klínů	59	59	1
26	Marshalling	60	60	3

Následující tabulka 6 je podkladem pro tvorbu matice **A**. V tabulce jsou zapsány bivalentní hodnoty pro kombinace činností kvalifikací. Pokud je na pozici prvku hodnota 1, tak pracovník kvalifikace  $p$  může činnost  $j$  vykonávat, pokud je na pozici prvku hodnota 0, tak ji vykonávat nemůže. Zastupitelnost pracovníků je označena barevně. Primárně jsou činnosti vykonávány pracovní skupinou s červenou barvou pole, sekundárně se žlutou barvou pole a terciálně se zelenou barvou pole.

Například, pokud nebude nákladový prostor moci otevřít pracovník naložení letadla, může jej nahradit pracovník specialista, pokud bude pracovník specialista vykonávat jinou činnost, může nahradit pracovník marshallingu.

Tabulka 6 Podklady pro tvorbu matice A

Kvalifikace		Handlingový agent	Pracovník marshallingu	Specialista	Pracovník nakládky letadla	Pracovník úklidu	Pracovník cateringu	Pracovník tankování letadla
Činnost	i/p	1	2	3	4	5	6	7
Navedení na stání	1	0	1	0	0	0	0	0
Zajištění příďového podvozku	2	0	1	0	0	0	0	0
Připojení GPU	3	0	1	1	0	0	0	0
Ochranná zóna	4	0	1	1	1	0	0	0
Vizuální kontrola letadla	5	0	1	0	0	0	0	0
Přistavení schodů	6	0	1	1	1	0	0	0
Otevření nákladových prostor	7	0	1	1	1	0	0	0
Přistavení pásových dopravníků	8	0	1	1	1	0	0	0
Vykládka zavazadel	9	0	0	0	1	0	0	0
Výstup cestujících	10	1	0	0	0	0	0	0
Tankování paliva	11	0	0	0	0	0	0	1
Doplnění palubního bufetu	12	0	0	0	0	0	1	0
Doplnění pitné vody	13	0	1	1	0	0	0	0
Vypuštění toalet	14	0	1	1	0	0	0	0
Úklid kabiny	15	0	0	0	0	1	0	0
Nakládka zavazadel	16	0	0	0	1	0	0	0
Odstavení pásových dopravníků	17	0	1	1	1	0	0	0
Uzavření nákladových prostor	18	0	1	1	1	0	0	0
Nástup cestujících	19	1	0	0	0	0	0	0
Dodání dokumentů	20	1	0	0	0	0	0	0
Odstavení schodů	21	0	1	1	1	0	0	0
Odpojení GPU	22	0	1	1	0	0	0	0
Zrušení ochranné zóny	23	0	1	1	1	0	0	0
Vizuální kontrola letadla	24	0	1	0	0	0	0	0
Odebrání klínů	25	0	1	0	0	0	0	0
Marshalling	26	0	1	0	0	0	0	0

Tabulka 7 obsahuje počty pracovníků potřebné k vykonání jednotlivých činností.

Tabulka 7 Počty pracovníků nutných k provedení činnosti

Činnosti	1	2	3	4	5	6	7	8
Pracovníci	1	1	1	1	1	2	2	2
9	1.	11	12	13	14	15	16	17
6	1	1	1	1	1	5	6	2
18	19	20	21	22	23	24	25	26
2	1	1	2	1	1	1	1	1

V tabulce 8 jsou uvedeny počty pracovníků podle jednotlivých kvalifikací.

Tabulka 8 Počty pracovníků podle jednotlivých kvalifikací

Kvalifikace	1	2	3	4	5	6	7
Počet pracovníků	1	1	1	6	5	1	1

Penalizační matice  $R$  vychází z incidenční matice  $A$  a zásady pro její tvorbu byly popsány v podkapitole 3.3. Nad rámec tohoto popisu je nutno uvést, že pokud kvalifikace  $p$  není k výkonu činnosti  $j$  určena primárně, sekundárně ani terciálně, potom je vzhledem k minimalizaci účelové funkce (20) na pozici příslušného prvku zařazena prohibitivní konstanta  $G$ .

### 4.3 Text programu v programu Xpress-IVE

Řešení matematického modelu bylo provedeno v optimalizačním softwaru Xpress-IVE od společnosti FICO. Optimalizační program využívá programovací jazyk MOSEL.

Text programu úlohy, ve které se minimalizuje celkový počet zaměstnanců, má tvar:

```
model OdbaveniB737
uses "mmxprs"
declarations
N=26
cin=1..N+1
cin0=0..N
P=7
kval=1..P
L=6
prac=1..L
T1:array(1..N) of real
T2:array(1..N) of real
Tc:array(1..N) of real
z:array(1..N) of mpvar
```

```

x:array(cin0,cin,kval,prac) of mpvar
C:array(1..26)of real
c:array(1..7)of real
a:array(1..26,1..7)of real
end-declarations
T1::[0,2,3,5,8,5,5,5,8,8,18,18,18,21,18,16,24,27,33,43,46,48,51,54,59,60]
T2::[0,2,3,5,15,5,5,5,5,8,8,18,18,18,30,18,19,27,30,33,43,46,48,51,54,59,60]
Tc::[2,1,2,3,3,3,3,8,10,15,10,3,3,15,8,3,3,10,3,2,3,3,5,1,3]
C::[1,1,1,1,1,2,2,2,6,1,1,1,1,1,5,6,2,2,1,1,2,1,1,1,1,1]
c::[1,1,1,6,5,1,1]
a::[]
M:=1000
forall(i in 1..N)z(i)>=0
forall(i in cin0, j in cin, p in kval, l in prac)x(i,j,p,l)is_binary
forall(j in 1..N)sum(i in cin0,p in kval,l in prac)a(j,p)*x(i,j,p,l)=C(j)
forall(p in kval)sum(j in cin,l in prac)x(0,j,p,l)<=c(p)
forall(i in cin0,j in 1..26,p in kval,l in prac)x(i,j,p,l)<=a(j,p)
forall(i in 1..N, p in kval, l in prac) sum(j in cin)x(i,j,p,l)<=1
forall(j in 1..N, p in kval, l in prac)sum(i in cin0)x(i,j,p,l)=sum(i in cin)x(j,i,p,l)
forall(i in 1..N, j in 1..N, p in kval, l in prac)T1(i)+Tc(i)+z(i)<=T1(j)+z(j)+M*(1-x(i,j,p,l))
forall(i in 1..N) z(i)<=T2(i)-T1(i)
forall(i in 1..N, j in cin,p in kval,l in 2..6)x(i,j,1,l)=0
forall(i in 1..N, j in cin,p in kval,l in 2..6)x(i,j,2,l)=0
forall(i in 1..N, j in cin,p in kval,l in 2..6)x(i,j,3,l)=0
forall(i in 1..N, j in cin,p in kval,l in 6..6)x(i,j,5,l)=0
forall(i in 1..N, j in cin,p in kval,l in 2..6)x(i,j,6,l)=0
forall(i in 1..N, j in cin,p in kval,l in 2..6)x(i,j,7,l)=0
fce:=sum(j in 1..N,p in kval,l in prac)x(0,j,p,l)
minimise(fce)
writeln("Hodnota ucelove fce je ",getobjval)
forall (i in cin0, j in cin, p in kval, l in prac|getsol(x(i,j,p,l))>0)
writeln("x(",i,"",j,"",p,"",l,"")=",getsol (x (i,j,p,l)))
forall (i in 1..N |getsol(z(i))>0) writeln("z(",i,"")=",getsol (z (i)))
end-model

```

Text programu úlohy, ve které se přidělují pracovníci kvalifikací jednotlivým činnostem podle jejich priorit, má tvar:

```

model OdbaveniB737
uses "mmxprs"
declarations
N=26
cin=1..N+1
cin0=0..N
P=7
kval=1..P
L=6
prac=1..L
T1:array(1..N) of real
T2:array(1..N) of real
Tc:array(1..N) of real
z:array(1..N) of mpvar
x:array(cin0,cin,kval,prac) of mpvar
C:array(1..26)of real
c:array(1..7)of real

```

```

a:array(1..26,1..7)of real
r:array(1..N,1..P)of real
end-declarations
T1::[0,2,3,5,8,5,5,5,8,8,18,18,18,21,18,16,24,27,33,43,46,48,51,54,59,60]
T2::[0,2,3,5,15,5,5,5,8,8,18,18,18,30,18,19,27,30,33,43,46,48,51,54,59,60]
Tc::[2,1,2,3,3,3,3,8,10,15,10,3,3,15,8,3,3,10,3,2,3,3,5,1,3]
C::[1,1,1,1,1,2,2,2,6,1,1,1,1,1,5,6,2,2,1,1,2,1,1,1,1,1]
c::[1,1,1,6,5,1,1]
a::[]
G:=1000000
r::[]
M:=1000
forall(i in 1..N)z(i)>=0
forall(i in cin0, j in cin, p in kval, l in prac)x(i,j,p,l)is_binary
forall(j in 1..N)sum(i in cin0,p in kval,l in prac)a(j,p)*x(i,j,p,l)=C(j)
forall(p in kval)sum(j in cin,l in prac)x(0,j,p,l)<=c(p)
forall(i in cin0,j in 1..26,p in kval,l in prac)x(i,j,p,l)<=a(j,p)
forall(i in 1..N, p in kval, l in prac) sum(j in cin)x(i,j,p,l)<=1
forall(j in 1..N, p in kval, l in prac)sum(i in cin0)x(i,j,p,l)=sum(i in cin)x(j,i,p,l)
forall(i in 1..N, j in 1..N, p in kval, l in prac)T1(i)+Tc(i)+z(i)<=T1(j)+z(j)+M*(1-x(i,j,p,l))
forall(i in 1..N) z(i)<=T2(i)-T1(i)
forall(i in 1..N, j in cin,p in kval,l in 2..6)x(i,j,1,l)=0
forall(i in 1..N, j in cin,p in kval,l in 2..6)x(i,j,2,l)=0
forall(i in 1..N, j in cin,p in kval,l in 2..6)x(i,j,3,l)=0
forall(i in 1..N, j in cin,p in kval,l in 6..6)x(i,j,5,l)=0
forall(i in 1..N, j in cin,p in kval,l in 2..6)x(i,j,6,l)=0
forall(i in 1..N, j in cin,p in kval,l in 2..6)x(i,j,7,l)=0
forall(i in 1..N)sum(j in cin, p in kval, l in prac)x(0,j,p,l)<=15
fce:=sum(i in cin0,j in 1..N,p in kval,l in prac)r(j,p)*x(i,j,p,l)
minimise(fce)
writeln("Hodnota ucelove fce je ",getobjval)
forall (i in cin0, j in cin, p in kval, l in prac|getsol(x(i,j,p,l))>0)
writeln("x(",i,"",j,"",p,"",l,"")=",getsol (x (i,j,p,l)))
forall (i in 1..N |getsol(z(i))>0) writeln("z(",i,"")=",getsol (z (i)))
end-model

```

Konkrétní hodnoty prvků matic **A** a **R** jsou uvedeny v příloze 1.

## 5 Zhodnocení dosažených výsledků

Po ukončení optimalizačního výpočtu ve fázi 1 (minimalizace celkového počtu zaměstnanců) byly získány výsledky uvedené na obrázku 16.

Hodnota ucelové fce je 15	$x(6,9,4,4)=1$	$x(16,18,4,6)=1$
$x(0,1,2,1)=1$	$x(7,9,4,2)=1$	$x(16,21,4,5)=1$
$x(0,4,4,5)=1$	$x(7,9,4,3)=1$	$x(16,27,4,1)=1$
$x(0,6,4,4)=1$	$x(8,9,4,1)=1$	$x(16,27,4,2)=1$
$x(0,7,4,2)=1$	$x(8,9,4,6)=1$	$x(17,18,4,4)=1$
$x(0,7,4,3)=1$	$x(9,16,4,1)=1$	$x(17,21,4,3)=1$
$x(0,8,4,1)=1$	$x(9,16,4,2)=1$	$x(18,23,4,6)=1$
$x(0,8,4,6)=1$	$x(9,16,4,3)=1$	$x(18,27,4,4)=1$
$x(0,10,1,1)=1$	$x(9,16,4,4)=1$	$x(19,20,1,1)=1$
$x(0,11,7,1)=1$	$x(9,16,4,5)=1$	$x(20,27,1,1)=1$
$x(0,12,6,1)=1$	$x(9,16,4,6)=1$	$x(21,27,4,3)=1$
$x(0,15,5,1)=1$	$x(10,19,1,1)=1$	$x(21,27,4,5)=1$
$x(0,15,5,2)=1$	$x(11,27,7,1)=1$	$x(22,24,2,1)=1$
$x(0,15,5,3)=1$	$x(12,27,6,1)=1$	$x(23,27,4,6)=1$
$x(0,15,5,4)=1$	$x(13,14,2,1)=1$	$x(24,25,2,1)=1$
$x(0,15,5,5)=1$	$x(14,22,2,1)=1$	$x(25,26,2,1)=1$
$x(0,27,3,2)=1$	$x(15,27,5,1)=1$	$x(26,27,2,1)=1$
$x(1,2,2,1)=1$	$x(15,27,5,2)=1$	$z(14)=6$
$x(2,3,2,1)=1$	$x(15,27,5,3)=1$	$z(18)=3$
$x(3,6,2,1)=1$	$x(15,27,5,4)=1$	
$x(4,9,4,5)=1$	$x(15,27,5,5)=1$	
$x(5,13,2,1)=1$	$x(16,17,4,3)=1$	
$x(6,5,2,1)=1$	$x(16,17,4,4)=1$	

Obrázek 16 Výsledky první fáze optimalizačního výpočtu

Řešení je optimální, jak je uvedeno ve stavovém hlášení, viz obrázek 17

<b>Matrix:</b>		<b>Presolved:</b>	
Rows(constraints):	29517	Rows(constraints):	140
Columns(variables):	30644	Columns(variables):	465
Nonzero elements:	176268	Nonzero elements:	1364
Global entities:	30618	Global entities:	464
Sets:	0	Sets:	0
Set members:	0	Set members:	0
<b>Overall status: Finished global search.</b>			
<b>LP relaxation:</b>		<b>Global search:</b>	
<b>Algorithm:</b>	<b>Simplex primal</b>	Current node:	1
Simplex iterations:	227	Depth:	1
Objective:	15	Active nodes:	0
Status:	Unfinished	Best bound:	15
Time:	0.2s	Best solution:	15
		Gap:	0%
		Status:	Solution is optimal.
		Time:	0.4s

Obrázek 17 Stavové hlášení první fáze výpočtu

Kromě informace o dosažení optima („Solution is optimal“) je ze stavového hlášení možno zjistit, že doba optimalizačního výpočtu činila 0,4s.

Výsledkem optimalizačního výpočtu je zjištění, že minimální počet pracovníků potřebných k odbavení letadla B737 v předepsaném rozsahu je 15, což znamená úsporu 1 pracovníka ve srovnání se současným stavem.

Po ukončení optimalizačního výpočtu ve fázi 2 (minimalizace celkové hodnoty penále za nenasazování zaměstnanců primárních kvalifikací) byly získány výsledky uvedené na obrázku 18.

Hodnota ucelove fce je 442	x(6,9,4,4)=1	x(16,17,4,3)=1
x(0,1,2,1)=1	x(7,9,4,1)=1	x(16,18,4,5)=1
x(0,6,4,2)=1	x(7,9,4,5)=1	x(16,21,4,2)=1
x(0,6,4,4)=1	x(8,9,4,3)=1	x(16,27,4,4)=1
x(0,7,4,1)=1	x(8,9,4,6)=1	x(16,27,4,6)=1
x(0,7,4,5)=1	x(9,16,4,1)=1	x(17,18,4,3)=1
x(0,8,4,3)=1	x(9,16,4,2)=1	x(17,27,4,1)=1
x(0,8,4,6)=1	x(9,16,4,3)=1	x(18,21,4,3)=1
x(0,10,1,1)=1	x(9,16,4,4)=1	x(18,27,4,5)=1
x(0,11,7,1)=1	x(9,16,4,5)=1	x(19,20,1,1)=1
x(0,12,6,1)=1	x(9,16,4,6)=1	x(20,27,1,1)=1
x(0,15,5,1)=1	x(10,19,1,1)=1	x(21,27,4,2)=1
x(0,15,5,2)=1	x(11,27,7,1)=1	x(21,27,4,3)=1
x(0,15,5,3)=1	x(12,27,6,1)=1	x(22,23,2,1)=1
x(0,15,5,4)=1	x(13,14,2,1)=1	x(23,24,2,1)=1
x(0,15,5,5)=1	x(14,22,2,1)=1	x(24,25,2,1)=1
x(1,2,2,1)=1	x(15,27,5,1)=1	x(25,26,2,1)=1
x(2,3,2,1)=1	x(15,27,5,2)=1	x(26,27,2,1)=1
x(3,4,2,1)=1	x(15,27,5,3)=1	z(14)=6
x(4,5,2,1)=1	x(15,27,5,4)=1	z(18)=3
x(5,13,2,1)=1	x(15,27,5,5)=1	
x(6,9,4,2)=1	x(16,17,4,1)=1	

Obrázek 18 Výsledky druhé fáze optimalizačního výpočtu

Výsledkem optimalizačního výpočtu je zjištění, že při procesu odbavení letadla byli použiti pracovníci sekundárních nebo terciálních. Účelová funkce byla navýšena na hodnotu 442.

<b>Matrix:</b>		<b>Presolved:</b>	
Rows(constraints):	29543	Rows(constraints):	141
Columns(variables):	30644	Columns(variables):	463
Nonzero elements:	205752	Nonzero elements:	1344
Global entities:	30618	Global entities:	462
Sets:	0	Sets:	0
Set members:	0	Set members:	0
<b>Overall status: Finished global search.</b>			
<b>LP relaxation:</b>		<b>Global search:</b>	
<b>Algorithm:</b>	<b>Simplex primal</b>	Current node:	1
Simplex iterations:	208	Depth:	1
Objective:	442	Active nodes:	0
Status:	Unfinished	Best bound:	442
Time:	0.3s	Best solution:	442
		Gap:	0%
		Status:	Solution is optimal.
		Time:	0.5s

Obrázek 19 Stavové hlášení druhé fáze výpočtu

Ze stavové hlášení vyplývá, že nalezené řešení je optimální a doba trvání výpočtu byla 0,5s.



V tabulce 9 jsou porovnány výsledky z obou fází výpočtu. Výsledkem první fáze optimalizačního výpočtu je zjištění, že k vykonání žádné činnosti nebyl přiřazen pracovník kvalifikace 3. To znamená, že pracovník této kvalifikace není k zajištění procesu odbavení zvoleného typu letadla a rozsahu odbavení zapotřebí. Činnosti, které měl vykonávat pracovník kvalifikace 3, byly nově přiřazeny pracovníkům s kvalifikací 2. Pracovníci kvalifikace 2 se nově podílejí na vykonání činnosti 6 společně s pracovníky kvalifikace 4 a pracovníci kvalifikace 4 jsou dále nově přiřazeni k vykonávání činnosti 23 (místo současné kvalifikace 2). K vykonání činnosti 6 byli však v tomto řešení nově přiřazeni pracovníci kvalifikace 2, kteří tuto činnost mohou vykonávat až terciálně. K vykonání činnosti 23 byli místo pracovníků s kvalifikací 2 přiřazeni pracovníci kvalifikace 4, kteří tuto činnost mohou vykonávat opět terciálně.

Tabulka 9 Porovnání výsledků obou fází výpočtu

První fáze výpočtu			Druhá fáze výpočtu		
Činnost	Předpokládaná kvalifikace	Nasazená kvalifikace	Činnost	Předpokládaná kvalifikace	Nasazená kvalifikace
1	2	2	1	2	2
2	2	2	2	2	2
3	3	2	3	3	2
4	2	4	4	2	2
5	2	2	5	2	2
6	4	4+2	6	4	4
7	4	4	7	4	4
8	4	4	8	4	4
9	4	4	9	4	4
10	1	1	10	1	1
11	7	7	11	7	7
12	6	6	12	6	6
13	3	2	13	3	2
14	3	2	14	3	2
15	5	5	15	5	5
16	4	4	16	4	4
17	4	4	17	4	4
18	4	4	18	4	4
19	1	1	19	1	1
20	1	1	20	1	1
21	4	4	21	4	4
22	3	2	22	3	2
23	2	4	23	2	2
24	2	2	24	2	2
25	2	2	25	2	2
26	2	2	26	2	2

Po druhé fázi optimalizačního výpočtu přebírají pracovníci kvalifikace 2 činnosti, pro které byl předpokládán pracovník kvalifikace 3, a přidělení terciálních kvalifikací v první fázi optimalizačního výpočtu bylo ve druhé fázi optimalizačního výpočtu nahrazeno pracovníky primárních kvalifikací.

## Závěr

Hlavním cílem předložené diplomové práce byla tvorba matematického modelu pro plánování personálního zabezpečení obslužných procesů v rámci technického handlingu a jeho aplikace v podmínkách odbavení letadla B737 na letišti Ostrava.

Základem navrženého modelu, který vyhovuje technologickým postupům letiště Ostrava, byl obecný matematický model publikovaný v minulosti, který bylo nutno upravit zejména v oblasti možných zastupitelností pracovníků jednotlivých kvalifikací podílejících se na procesu odbavení.

V diplomové práci jsou obsaženy dva nové modely vycházející z modelu původního. Řešení obou modelů tvoří nerozdílný celek, a dále, oba modely musí být vyřešeny v předepsaném pořadí. Řešením prvního modelu je získán minimální počet pracovníků potřebných k provedení odbavení letadla. Do druhého modelu byla zavedena penalizační matice a optimalizačním kritériem byla minimalizace penalizace za přiřazení jiné pracovní skupiny než primární.

K optimalizačním výpočtům byl použit optimalizační software Xpress-IVE. Po ukončení řešení prvního modelu v podmínkách letiště Ostrava bylo zjištěno, že současný počet zaměstnanců, kteří jsou k odbavení letadla nasazováni je možno snížit o 1 s kvalifikací Specialista, který asistuje pracovníku marshallingu. Za účelem prověření, zda je při nové organizaci práce dodrženo definované pořadí preferencí kvalifikací, byl s využitím výsledku první fáze výpočtu řešen druhý model, kde došlo k odstranění nasazování pracovníků terciálních kvalifikací (což bylo ve výsledku první fáze výpočtu navrženo).

Výsledkem vícekritériální optimalizace je pracovní plán, který vynechá jednu kvalifikaci při procesu odbavení letadla. Tento pracovní plán je realizovatelný pro odbavení daného typu letadla v předepsaném rozsahu z pohledu předepsaných technologických postupů.

Rozhodnutí o případném zrušení nebo omezení nasazení pozice pracovníka kvalifikace 3 je však možné až po důkladném a komplexním posouzení jeho zastupitelnosti jinými kvalifikacemi v rámci všech činností, které vykonává a samozřejmě to souvisí i s rozsahem provozu na letišti Ostrava.

## Seznam použité literatury

- [1] CANADA. IATA Ground handling manual. In: Montreal, 2018, číslo 39.
- [2] CANADA. IATA Airport Handling Manual. In: Montreal, 2018, číslo 39.
- [3] CANADA. IATA Passengers Services Conference Resolutions Manual. In: Quebec, 2018, číslo 39.
- [4] ČESKÁ REPUBLIKA. České aerolinie a.s., Manuál pro pozemní provoz. In: Praha, 2005.
- [5] DUDÁČEK, Lubomír. Dopravní letiště Prahy 2001-2005. Přeložil Martin
- [6] VELEK, přeložil Ondřej KOPIČKA, přeložil Jan KOPIČKA. Praha: M. Bílý, c2005. ISBN 80-86524-09-4. Provozování letecké dopravy a logistika. Brno: Akademické nakladatelství
- [7] CERM, 2014. ISBN 978-80-7402-855-7. Kolektivní monografie.
- [8] PRUŠA, Jiří. Svět letecké dopravy. II. rozšířené vydání. Praha: Gallileo Training, 2015. ISBN 978-80-260-8309-2. Kolektivní monografie.
- [9] LAWRENCE, Don, ed. Aviation and airport security: management, improvement strategies and future challenges. New York: Nova Science Publisher's, [2017]. Transportation issues, policies and R&D series. ISBN 978-1-53611-909-1.
- [10] VITTEK, Peter, Jakub KRAUS a Stanislav SZABO. Moderní přístup k hodnocení provozní bezpečnosti v letectví. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2016. ISBN 978-80-7204-944-8.
- [11] ŠAJDLEROVÁ, Ivana a Miloslav KONEČNÝ. Projektový management. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1686-9.
- [12] PTÁČEK, Stanislav. Grafické metody v ekonomice a organizaci výroby. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1963. Skripta.
- [13] TEICHMANN, Dušan a Michal DORDA. About An Unconventional Application Of Assignment Problem [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.fhi.sk/files/katedry/kove/ssov/proceedings/Zbornik2016.pdf>

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Pásové dopravníky v příletové hale letiště Ostrava .....	16
Obrázek 2 Odletová část letištního terminálu Ostrava .....	17
Obrázek 3 Check-in přepážka .....	18
Obrázek 4 Odbavovací kiosek .....	19
Obrázek 5 Bezpečnostní kontrola .....	20
Obrázek 6 Odletová hala.....	21
Obrázek 7 Vozidlo služby Follow me .....	23
Obrázek 8 Pozemní zdroj.....	25
Obrázek 9 Nástupní schody .....	26
Obrázek 10 Rozmístění kuželů u B737 .....	27
Obrázek 11 Nakládání zavazadel.....	29
Obrázek 12 Doplnění letadla pohonnými hmotami .....	30
Obrázek 13 Označení prvků síťového grafu pro každou činnost .....	35
Obrázek 14 Hierarchie pracovníků podílejících se na odbavení letadla.....	37
Obrázek 15 Síťový graf technického handlingu vybraného typu letadla na letišti Ostrava .....	40
Obrázek 16 Výsledky první fáze optimalizačního výpočtu.....	54
Obrázek 17 Stavové hlášení první fáze výpočtu.....	55
Obrázek 18 Výsledky druhé fáze optimalizačního výpočtu .....	56
Obrázek 19 Stavové hlášení druhé fáze výpočtu .....	56

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Oprávnění k provedení dílčích činností .....	38
Tabulka 2 Vstupní informace pro tvorbu síťového grafu .....	39
Tabulka 3 Hodnoty rezerv .....	42
Tabulka 4 Převodní tabulka konstant.....	48
Tabulka 5 Časové hodnoty činností.....	49
Tabulka 6 Podklady pro tvorbu matice <b>A</b> .....	50
Tabulka 7 Počty pracovníků nutných k provedení činnosti.....	51
Tabulka 8 Počty pracovníků podle jednotlivých kvalifikací .....	51
Tabulka 9 Porovnání výsledků obou fází výpočtu.....	57

## Seznam příloh

Příloha 1 – Hodnoty matic  $A$  a  $R$

I